



Vasco Filipe Pardal de Souza Dias

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Proposta de conceitualização de uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento de modelos de negócio na indústria 4.0

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professora Doutora Maria do Rosário de
Meireles Ferreira Cabrita, Professora Auxiliar da
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade
Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Rogério Salema de Araújo Puga Leal

Arguente: Prof. Doutor Aneesh Zutshi

Vogal: Prof. Doutora Maria do Rosário de Meireles Ferreira Cabrita



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2018

Vasco Filipe Pardal de Souza Dias

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Proposta de concetualização de uma ferramenta de apoio ao
desenvolvimento de modelos de negócio na Indústria 4.0**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Prof.^a Maria do Rosário de Meireles Ferreira Cabrita

Setembro 2018

Proposta de concetualização de uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento de modelos de negócio na Indústria 4.0

Copyright © 2018 – Vasco Filipe Pardal de Souza Dias e Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à Professora Maria do Rosário Cabrita por toda a paciência, orientação e partilha durante os últimos meses.

Agradeço também a todos os meus colegas e professores com quem tive oportunidade de me cruzar nos últimos 5 anos, em especial à Joana por todo o apoio e carinho.

A todos os meus amigos, tanto em Benavente como no resto do mundo, sem os quais nunca teria alcançado nenhum dos meus objetivos.

Por último agradeço à minha família, nomeadamente aos meus pais por sempre me permitirem fazer aquilo que queria sem nunca deixarem de me aconselhar e aos meus dois queridos irmãos Francisco e José.

Resumo

O desenvolvimento da indústria 4.0 irá proporcionar novas formas de interação com o cliente e uma rápida adaptação às suas crescentes necessidades. A inovação de empresas e de modelos de negócio passa assim a ter um peso ainda mais importante no futuro de uma organização. Desta forma deve ser criada uma estratégia que acompanhe o desenvolvimento tecnológico e garanta às empresas um lugar no mercado futuro.

O principal objetivo desta dissertação consiste na conceitualização de uma ferramenta que possa ser usada por pequenas e médias empresas de manufatura como guia para a transformação digital no caminho para a indústria 4.0. Para isso, é feita uma revisão da literatura dos conceitos de modelo de negócio e da indústria 4.0.

Dentro da revisão literária de modelos de negócio são apresentadas definições do conceito segundo vários autores, como pode evoluir, quais os seus principais componentes e como pode ser feita a avaliação ou o desenvolvimento de um modelo de negócio.

Posteriormente é feito um levantamento dos principais componentes da indústria 4.0. Esses principais componentes são descritos individualmente, identificando como podem criar ou capturar valor no contexto em que são utilizados. São também identificados alguns exemplos de aplicações futuras ou já implementadas desses componentes assim como o desenvolvimento de novos modelos de negócio proporcionados pelas implementações.

Palavras chave: Modelo de negócio, inovação, indústria 4.0, Internet industrial das coisas.

Abstract

The development of the industry 4.0 will provide new forms of customer interaction and a rapid adaptation to its growing needs. The innovation of companies and business models has an even greater importance in the future of an organization. Thus, a strategy must be created to accompany technological development and to guarantee companies a place in the future market.

The main objective of this dissertation is the projection of a tool to be used by small and medium-sized manufacturing companies as a guide to digital transformation on the way to industry 4.0. For this, a literature review of the concepts of business model and industry 4.0 is made.

Within the literary review of business models are presented definitions of the concept according to several authors, how it can evolve, what are its main components are and how the evaluation or the development of a business model can be done.

Subsequently, a survey of the main components of industry 4.0 is made. These key components are described individually, identifying how they can create or capture value in the context which they are used. Some examples of future or already implemented applications of these components as well as the development of new business models provided by the implementations are also identified.

Keywords: Business models, innovation, industry 4.0, industrial internet of things.

Lista de abreviaturas e siglas

BCG – *Boston consulting group*

BMC – *Business model canvas*

B2B – *Business-to-business*

CAD – *Computer aided design*

CPS – *Cyber-physical system*

GPS – *Global Positioning System*

HACE – *Heterogeneous, Autonomous, Complex and Evolving*

IBM – *International Business Machines*

IoT – *Internet of things*

IPv4 – *Internet Protocol Version 4*

IPv6 – *Internet Protocol Version 6*

IaaS – *Infrastructure as a Service*

M2M – *Machine-to-Machine*

NASDAQ – *National Association of Securities Dealers Automated Quotations*

PaaS – *Platform as a Service*

PME – *Pequenas e médias empresas*

PoW – *Proof of Work*

PwC – *Price Waterhouse Coopers*

RFID – *Radio-frequency Identification*

SaaS – *Software as a Service*

STL – *Stereolithography*

VRIO – *Value, Rarity, Imitability and Organization*

3D – *Três dimensões*

Índice de conteúdos

1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	2
2 Revisão da Literatura.....	5
2.1 Modelos de Negócio.....	5
2.1.1 Origem.....	5
2.1.2 Definições.....	6
2.1.3 Distinção entre modelo de negócio e modelação de negócio	10
2.2 Indústria 4.0.....	13
A internet of things (IoT)	19
Big Data.....	22
Cloud Computing	28
Integração de sistemas	30
Cibersegurança	31
Blockchain.....	33
Simulation	37
Realidade aumentada.....	40
Manufatura aditiva.....	42
2.3 Pequenas e médias empresas	43
3 Concetualização da ferramenta.....	45
3.1 Introdução.....	45
3.2 Ferramenta Proposta.....	46
3.3 Fases cíclicas da ferramenta	48
3.3.1 Avaliação.....	48
3.3.2 Identificação	51
3.3.3 Seleção.....	52
3.3.4 Teste	53
3.3.5 Implementação	53
4 Conclusão	55
4.1 Conclusões.....	55
4.2 Limitações do estudo	56
4.3 Pistas para investigação futura	56
Bibliografia.....	57

Índice de Figuras

Figura 1.1- Estrutura da dissertação	3
Figura 2.1- Ocorrência do termo “Business model” com os índices de mercado.....	5
Figura 2.2- Business model canvas	8
Figura 2.3- Revoluções industriais	14
Figura 2.4- Compasso digital	18
Figura 2.5- Transição física-digital-física da indústria 4.0	19
Figura 2.6- Histórico de preço por megabyte vs. ano de produção	22
Figura 2.7- Três V's de Big Data	24
Figura 2.8- "O homem cego e o elefante", a visão localizada leva a uma conclusão errada	25
Figura 2.9- Cadeia de valor da análise de dados	27
Figura 2.10- Serviços de armazenamento e computação.....	29
Figura 2.11- Blockchain	35
Figura 2.12- Processo de manufatura, modelo gêmeo digital.....	38
Figura 2.13- Mundo físico (esq.), Mundo digital (dir.)	39
Figura 2.14- Bomba em funcionamento normal (esq.), Bomba em cavitação (dir.).....	39
Figura 2.15- Concetualização da vista de realidade aumentada do operador	40
Figura 2.16- Critério de definição de categoria de empresa na União Europeia	43
Figura 3.1- Concetualização da ferramenta	47
Figura 3.2- Business model canvas	49

Índice de Tabelas

Tabela 2.1- Definições segundo autores	11
Tabela 3.1 - Componentes a considerar.....	52

1 Introdução

No presente capítulo será apresentado o enquadramento do tema da dissertação assim como os principais objetivos na sua elaboração, a metodologia utilizada e por fim a estrutura da mesma.

1.1 Enquadramento

Desde do início do sec. XIX que tanto a manufatura como toda a indústria têm beneficiado de processos de aceleração provocados pela introdução de novas tecnologias. Estas acelerações, referidas como revoluções industriais, não provocaram apenas o aumento da capacidade de produção, foram também criadas novas formas de gerar ou capturar valor permitindo a existência de novos modelos de negócio.

Estamos neste momento a atravessar uma dessas revoluções. Cunhada com o termo Indústria 4.0 pelo governo alemão, esta quarta revolução industrial está a ser impulsionada pelo desenvolvimento de sistemas ciber físicos.

Da mesma forma que as revoluções anteriores, a indústria 4.0 irá permitir o desenvolvimento de novos modelos de negócio pondo em causa as formas de gerar ou capturar valor existentes. As empresas que adotarem as novas tecnologias associadas à indústria 4.0 irão aumentar a sua competitividade distanciando-se dos seus concorrentes resistentes à inovação.

Assim, as empresas têm de estabelecer uma forma de aproximação à indústria 4.0 garantindo um lugar no mercado futuro. Para isso, e especialmente as pequenas e médias empresas com fundos para inovação reduzidos, devem definir uma estratégia de implementação de componentes da indústria 4.0 faseada sem comprometer a sua estabilidade financeira.

1.2 Objetivos

O primeiro objetivo da dissertação consiste na recolha de informação sobre o conceito de modelo de negócio. Identificar as várias classificações segundo autores de forma a perceber como as empresas criam valor, como é alterado um modelo de negócio, quais os componentes de um modelo de negócio, como é criado e que medidas deve uma empresa tomar de forma a manter-se no mercado.

O segundo consiste na caracterização do termo Indústria 4.0: qual a sua origem, em que consiste, qual o seu impacto nos modelos de negócio existentes e qual a sua influência na criação de novos modelos de negócio. Posteriormente é elaborada a identificação dos principais componentes da indústria 4.0 e como promovem a criação ou captura de valor dentro de uma organização.

O último e principal objetivo da dissertação consiste na criação de uma ferramenta que possa ser utilizada por pequenas e médias empresas de manufatura como guia para a transformação digital no caminho para a indústria 4.0.

1.3 Metodologia

A metodologia da dissertação encontra-se dividida em 3 fases. A primeira consiste na revisão da literatura existente dos conceitos de modelo de negócio e indústria 4.0. Nesta fase, a revisão será feita pelo estudo de artigos científicos, livros, dissertações de mestrado, sites da especialidade e relatórios de consultoras.

Posteriormente será feito um levantamento dos desenvolvimentos ocorridos no ramo da indústria 4.0. Serão exploradas as aplicações que já estão a ser usadas em contextos reais com componentes da indústria 4.0, como a criação de valor ou concetualização de um modelo de negócio está a ser afetado pela digitalização proporcionada pela nova revolução e quais as ofertas proporcionadas aos clientes pelo uso dos seus componentes. Este levantamento será feito com base em relatórios de grandes consultoras e em exemplos concretos de componentes já aplicados.

Por último, com base no conhecimento adquirido, será elaborada uma ferramenta de suporte para implementação de componentes da indústria 4.0 em pequenas e médias empresas de manufatura.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 4 capítulos apresentados resumidamente na figura 1.1.

No presente capítulo é apresentada a introdução que inclui o enquadramento do tema, os objetivos, a metodologia e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo é composto pela revisão da literatura dos conceitos de modelos de negócio e da indústria 4.0. É feita a descrição de modelo de negócio segundo vários autores assim como quais os seus elementos e como pode ser alterado ou criado um modelo de negócio.

Posteriormente são identificados e descritos os principais componentes da indústria 4.0 assim como aplicações existentes.

O seguinte capítulo consiste no desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão para a implementação de componentes da indústria 4.0 para PME de manufatura. Encontra-se dividido em introdução, modelo proposto e fases cíclicas da ferramenta.

No quarto e último capítulo são apresentadas as conclusões desta dissertação. Está dividido em 3 subcapítulos, nomeadamente conclusões, limitações do estudo e pistas para investigação futura.

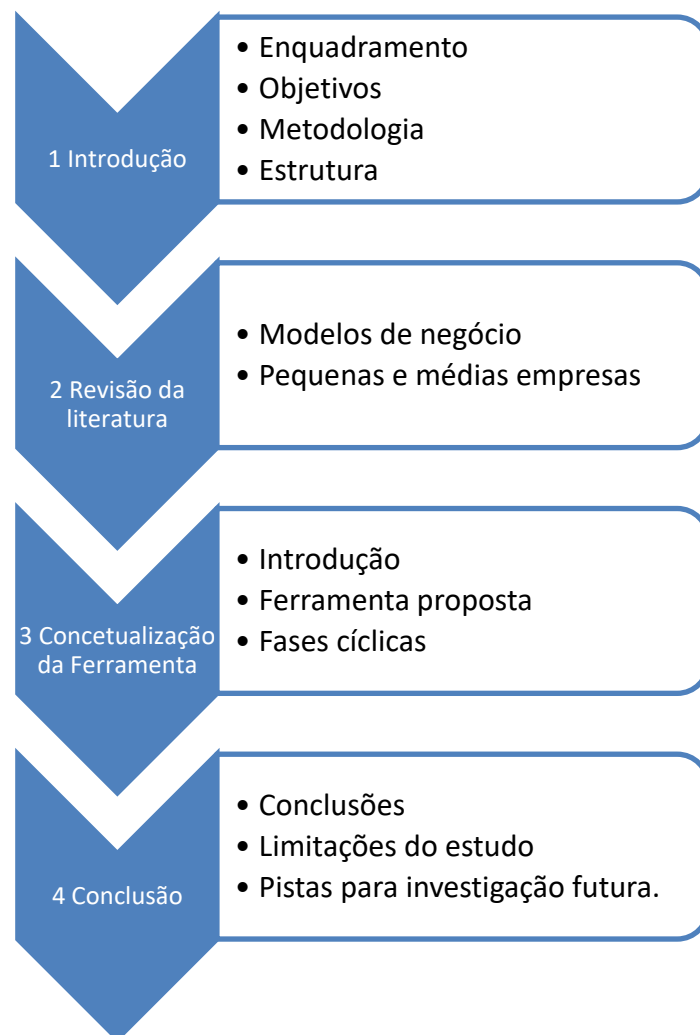


Figura 1.1- Estrutura da dissertação

2 Revisão da Literatura

Neste capítulo será elaborada a revisão da literatura dos conceitos de modelos de negócio e indústria 4.0. Posteriormente será apresentada a definição de pequena e média empresa e qual a sua influência na economia de um país.

2.1 Modelos de Negócio

2.1.1 Origem

Apesar de o termo “modelo de negócio” já existir e ter sido referenciado pela primeira vez em 1960 num título de um artigo científico (Jones, 1960), foi com desenvolvimento da *world wide web* que o tema ganhou popularidade no início dos anos 90. Segundo Osterwalder et al. (2005) existem semelhanças entre o número de vezes em que o termo “*business model*” é referido em artigos científicos e os indicadores de mercado NASDAQ das empresas tecnológicas (Figura 2.1).

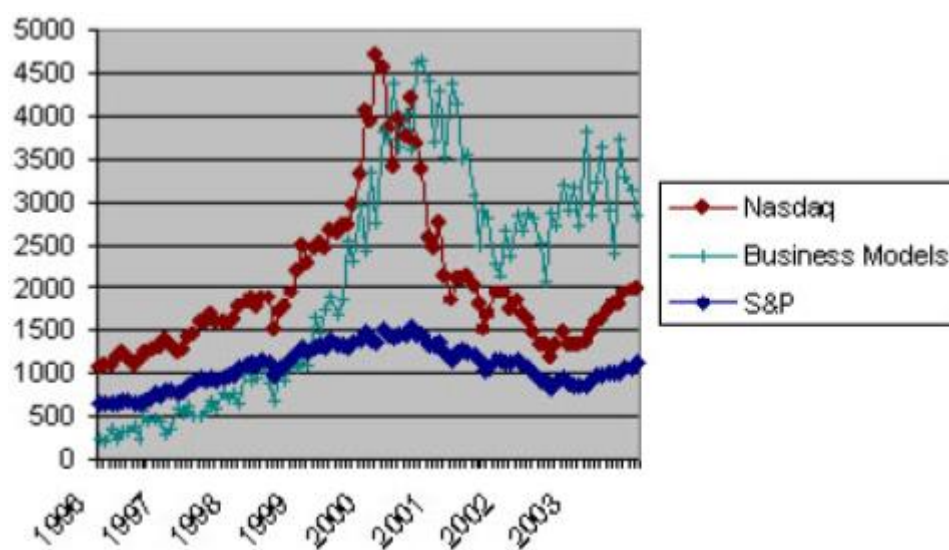


Figura 2.1- Ocorrência do termo “Business model” com os índices de mercado (Osterwalder et al., 2005)

Com a dificuldade de provar correlação matemática entre o termo e os indicadores de mercado são poucas as conclusões que podem ser retiradas deste gráfico. Osterwalder et al. (2005) concluí que o termo “*business models*” provavelmente está associado ao desenvolvimento tecnológico. Osterwalder et al. (2005) propõe que a definição de Modelo de negócio deve resultar da reflexão do significado literal das duas palavras:

“Um modelo de negócio é uma ferramenta conceptual que contem um conjunto de objetos, conceitos e a sua relação com o objetivo de expressar a estratégia de negócio de uma empresa específica. Assim, temos de considerar que conceitos e relações permitem uma descrição ou representação simples de que valor é fornecido ao cliente, como é fornecido e quais são as consequências financeiras.”

2.1.2 Definições

Não existindo um consenso na definição de um modelo de negócio existem características comuns nos conceitos apresentados pela comunidade científica. Dentro destas características gerais, um modelo de negócio é referido como uma unidade de análise, seja a um produto empresa ou indústria, que pretende explicar como estes agentes criam ou capturam valor, as suas posições estratégicas e como o negócio é desenvolvido. Uma definição concreta e consensual do que é um modelo de negócio é difícil de atingir pois grande parte dos autores refere o conceito adaptado à sua perspectiva.

Segundo Neap & Celik (1999), o valor de um produto ou serviço é a intenção do cliente de o reter ou o adquirir. O nível dessa intenção depende da maneira como esse produto ou serviço corresponde as expectativas do sistema de valor do próprio cliente.

Surgindo umas vezes como uma declaração (Stewart et al., 2000), uma representação (Shafer et al., 2005), ou uma ferramenta conceptual (Osterwalder et al., 2010), o termo “modelo de negócio” está normalmente associado a um conjunto de atividades interligadas com o objetivo de satisfazer uma necessidade no mercado (Massa et al., 2010). Assim, cada definição de modelo de negócio é apresentada segundo uma perspectiva ou contexto em que se insere. Estas perspectivas podem-se focar desde de a criação de valor em “*e-business*” até organizações de carácter social (Fielt, 2013).

Osterwalder et al. (2005) referem que os autores que apresentam definições de modelos de negócio podem ser categorizados entre 3 níveis hierarquicamente ligados entre si.

1. Autores que descrevem o conceito de modelo de negócio de forma abstrata, conseguindo descrever todos os negócios.
2. Autores que descrevem diferentes tipos de modelos de negócio, cada um com um conjunto de negócios com características semelhantes.

3. Autores que apresentam aspetos ou uma concetualização de um modelo de negócio particular.

Segundo Osterwalder et al. (2005), o conceito de modelo de negócio pode ser dividido em 4 áreas subdivididas em 9 pilares:

O produto, onde é apresentada a proposta de valor que dá uma vista geral dos produtos e serviços de uma empresa.

A interface com o cliente, subdividida em cliente alvo, canais de distribuição e relação. Sendo que o cliente alvo refere o segmento de clientes a que a empresa dá mais valor, os canais de distribuição que apresentam a forma como a empresa comunica com o cliente e a relação que explica como são formados elos de ligação entre a empresa e os diferentes clientes.

A estrutura de gestão composta pela configuração de valor que descreve a disposição de atividades e recursos da empresa; as competências centrais, competências fundamentais ao desenvolvimento do modelo de negócio e a rede de parceiros, onde são referidos acordos empresariais necessários à empresa para a criação de valor.

Os aspetos financeiros divididos em: i) estrutura de custos que resume as consequências financeiras da aplicação do modelo de negócio e; ii) no modelo de receitas que descreve como a empresa gera receitas provenientes de diferentes fontes.

Osterwalder et al. (2005) sugerem que um modelo de negócio é uma ferramenta constituída por vários elementos relacionados com o objetivo de fornecer valor aos seus clientes ao mesmo tempo em que gera fontes de rendimento. Posteriormente com o livro “*Business Model Generation*”, Osterwalder & Pigneur (2010) apresentam uma ferramenta para descrever, analisar e projetar modelos de negócio designada “*Business model canvas*” (Figura 2.2).

O *Business model canvas* propõe uma normalização do método de trabalho para analisar um modelo de negócio. Está dividido em segmento de clientes, proposta de valor, canais, relação com o cliente, fontes de receita, recursos chave, atividades chave, parcerias chave e estrutura de custo. A construção do modelo deve ser feita na ordem apresentada pois existem interações entre os elementos que ajudam no seu preenchimento.

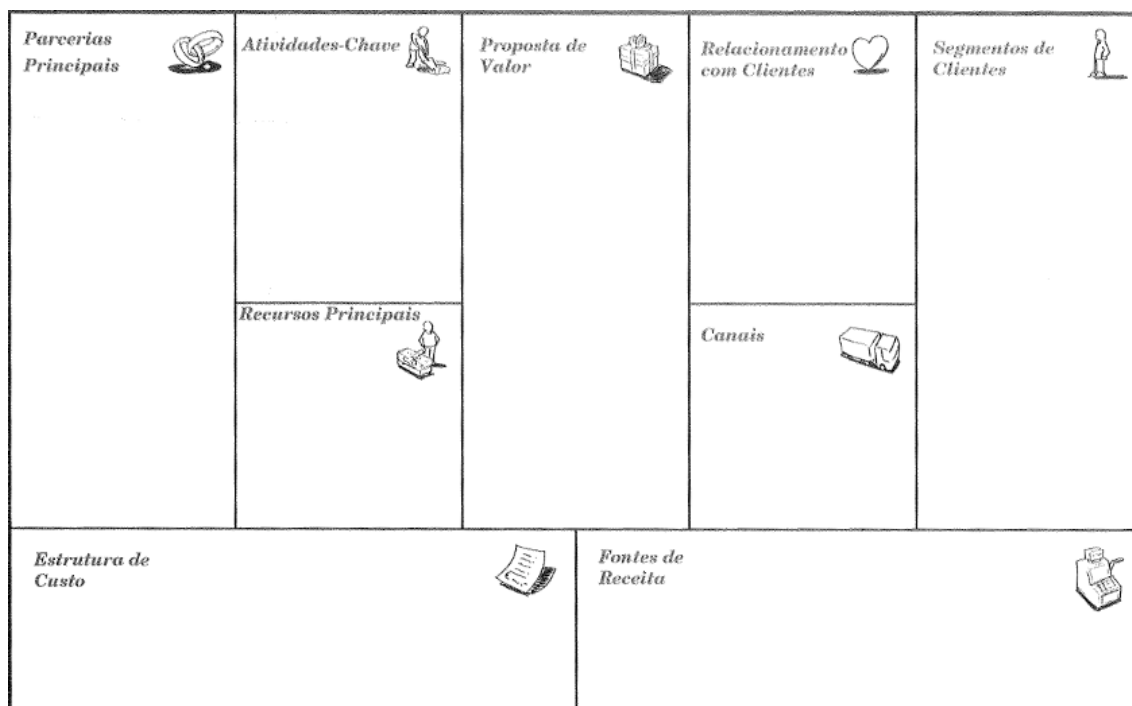


Figura 2.2- Business model canvas
(Osterwalder & Pigneur, 2010)

A componente “Segmento de clientes” identifica os diferentes grupos de pessoas ou organizações que a empresa pretende atingir e servir. De maneira a ter uma melhor visão dos clientes e dos seus comportamentos, podem ser criados diferentes segmentos de clientes consoante necessidades específicas.

No que respeita à “Proposta de valor” os autores explicam que se trata da razão pela qual o cliente escolhe o produto da empresa, a qual satisfaz as necessidades do cliente diferenciando-se dos concorrentes.

A componente “Canais” descreve como a empresa comunica com os diferentes segmentos de clientes de forma a entregar a sua proposta de valor.

Por seu turno, a “Relação com o cliente” identifica os diferentes tipos de relações estabelecidas entre a empresa e os segmentos de clientes. A empresa deve definir claramente que tipo de relação quer criar ou desenvolver com um segmento de cliente específico consoante a fase em que se encontra. Numa fase inicial com um novo mercado as empresas tendem a tomar uma posição mais agressiva de maneira a angariar o máximo número de clientes cuja necessidade ainda não foi satisfeita. Posteriormente, quando começa a existir alguma saturação no mercado, as empresas passam a ter o objetivo de manter os clientes existentes e aumentar a receita média por cliente.

No que se refere às “Fontes de receita”, estas representam o dinheiro gerado por cada segmento de clientes. Estas fontes de receita podem ser resumidas em dois tipos: receitas provenientes de transações únicas ou receitas provenientes de transações regulares como o apoio ao cliente após a compra.

Os “Recursos chave”, são considerados o pilar mais importante pelo autor, permitem à empresa criar e oferecer a proposta de valor ao cliente. Podem ser divididos em físicos, intelectuais, humanos e financeiros. Dos recursos físicos, de forma geral os que requerem mais capital, fazem parte as infraestruturas como edifícios, veículos ou máquinas. Os recursos intelectuais são compostos por patentes, direitos de autor, parcerias e bases de dados dos clientes. Os recursos humanos, apesar de necessários em todas as empresas, têm um papel fundamental nas empresas de criatividade e inovação. Os recursos financeiros são compostos pelo dinheiro em caixa, créditos e investimentos em bolsa.

A componente “Atividades chave” refere-se às atividades mais importantes que fazem o modelo de negócio funcionar. São o cerne do modelo de negócio e podem ser vistas como um “gargalo”, se estas atividades não funcionarem corretamente todo o modelo será afetado.

O bloco dos “Parceiros chave” descreve a rede de fornecedores e parceiros que faz a empresa prosperar. Podem ser distinguidos entre parcerias estratégicas com empresas não concorrentes, parcerias estratégicas entre concorrentes, parcerias com diferentes empresas de forma a desenvolver um novo modelo e parcerias entre fornecedores/clientes de forma a garantir a qualidade.

Por último, a “Estrutura de custos” descreve todos os custos envolvidos na execução do modelo de negócio. Estes custos são calculados mais facilmente depois de estarem definidos os recursos chave, as atividades chave e as parcerias.

Mitchell & Bruckner (2004) estabelecem que modelo de negócio é a combinação das respostas às perguntas: “quem?”, “o quê?”, “quando”, “porquê”, “onde?”, “como?” e “quanto?” uma organização está direcionada para servir os seus clientes e partes interessadas.

Shafer et al. (2005) referem que foram publicadas 12 definições de modelos de negócio entre 1998 e 2002 sem que nenhuma tenha sido adotada de forma geral pela comunidade científica, provavelmente devido às diferentes perspetivas em que são apresentadas. Dentro destas 12 definições foram identificados 42 componentes de modelos de negócio, entre os quais os mais referidos foram: escolhas estratégicas, criação de valor, captura de valor e rede de valor.

Chesbrough (2002) dentro do contexto de inovação estabelece que um modelo de negócio deve seguir as seguintes funções:

- Adaptar a proposta de valor, ou seja, o valor é criado para o cliente baseado na tecnologia.
- Identificar os segmentos de mercado para os clientes que a tecnologia tem um propósito.
- Definir a estrutura da cadeia de valor dentro da empresa necessária para criar e distribuir oferta.
- Estimar a estrutura de custo e lucro potencial envolvido na criação de um produto.
- Descrever a posição da empresa dentro da cadeia de valor fazendo a ligação entre fornecedores e clientes.
- Formular a estratégia competitiva pela qual a empresa vai ganhar e manter vantagem sobre os seus concorrentes.

Kindström (2010) considera que as empresas devem deixar de fornecer uni exclusivamente produtos e seguir a tendência de mercado direcionada ao fornecimento de serviços. Desta forma apresenta uma versão adaptada de Chesbrough dos elementos chave de um modelo de negócio direcionado ao serviço:

A proposta de valor deve ser adaptada de forma a visualizar rapidamente oportunidades de mercado com uma relação mais próxima com o cliente.

O modelo de receitas deve-se focar no cliente e na sua percepção de valor não em custos internos.

A cadeia de valor deve ter uma estrutura dedicada ao desenvolvimento de serviços.

A rede de valor deve ser feita com parceiros que consigam criar novas ofertas, fornecer novos serviços, acesso local e maior capacidade de resposta.

A estratégia competitiva tem como obstáculos a alteração da percepção que o cliente tem da marca e diferenciação.

O segmento de mercado deve ser direcionado aos clientes certos com o balanço certo entre produto e serviço.

2.1.3 Distinção entre modelo de negócio e modelação de negócio

Segundo Gordijn et al. (2000) a distinção entre modelo de negócio e modelação de negócios, embora seja muitas vezes confundida, deve ser clara:

Modelo de negócio deve responder à pergunta “*quem está a oferecer valor a quem e o que espera em troca*”. A questão central de modelo de negócio deve ser o conceito de valor. Como é que as partes interessadas interagem entre si com o objetivo comum da criação de valor.

Assim, as decisões a tomar na representação de um modelo de negócio devem ser:

1. Quem são os parceiros envolvidos que adicionam valor ao negócio.
2. Qual a contribuição de cada parceiro.
3. Que elementos constituem essas contribuições.
4. Que atividades criadoras de valor é que estão a contribuir ou a consumir as contribuições.
5. Que atividades criadoras de valor existem e por que parceiros estão a ser realizadas.

Modelação de negócios, ao contrário de modelo de negócio, refere como as atividades criadoras de valor são desenvolvidas, descreve a produção de uma contribuição (*input*) específica pelos vários consumos (*output*) (Veit et al., 2014). Segundo Gordijn et al. (2000) os principais objetivos na modelação de um negócio devem ser a criação de métodos de trabalho, melhoria continua de processos, suporte por um sistema central e a análise das propriedades de um processo.

As decisões associadas na representação da modelação de negócios devem ser:

1. Quem são os parceiros envolvidos nas operações.
2. Que atividades operacionais podem ser especificadas.
3. Que atividades são executadas por que parceiros.
4. Quais são as contribuições(*input*) e os consumos(*output*) de cada atividade.
5. Qual a sequência de atividades que deve ser feita para um caso específico.
6. Quais as atividades que podem ser realizadas em paralelo para um caso específico.

Embora sejam ocasionalmente apresentados como um só, modelo de negócio e estratégia não devem ser confundidos. Magretta (2002) refere modelo de negócio como um sistema onde as várias peças do negócio cooperam entre si com um objetivo comum. A estratégia competitiva compara o nível de performance de uma empresa com os seus concorrentes. “Quando todas as empresas oferecem os mesmos produtos e serviços aos mesmos clientes nenhuma delas irá prosperar.” Assim o papel principal da estratégia de negócio é explicar como uma empresa se destaca em relação aos seus competidores.

Tabela 2.1- Definições segundo autores
Adaptado de Massa et al. (2010)

Autor	Conceito	Contexto
Timmers, 1998	Uma arquitetura para um produto, serviço ou fluxo de informação, que inclui a descrição de todos os agentes envolvidos e os seus papeis.	Mercado eletrónico

Mahadevan, 2000	Uma mistura de três fluxos que são essenciais ao negócio. O fluxo de valor dos parceiros de negócio e dos clientes, o fluxo de receitas e o fluxo logístico.	Mercado eletrônico
Afuah & Tucci 2001	É o método pelo qual uma empresa usa os seus recursos de forma a fornecer mais valor aos seus clientes ao mesmo tempo em que faz dinheiro. Detalha as fontes de rendimento de uma empresa tanto a curto como a longo prazo.	Mercado eletrônico
Amit & Zoot 2001	Retrata o conteúdo, estrutura e gestão de transações formadas de maneira a criar valor pela exploração de oportunidades de negócio.	Mercado eletrônico
Tapscott 2001	Refere-se às fundações de uma empresa, especificamente como utiliza todos os seus recursos para se diferenciar dos seus competidores e criar valor para o cliente.	Mercado eletrônico
Shafer et al. 2005	É uma representação subjacente da lógica central e escolhas estratégicas que capturam e criam valor dentro da cadeia.	Investigação
Chesbrough et al., 2006	Preforma duas funções essenciais: a criação e a captura de valor. Primeiro, define uma serie de atividades que retiram rendimento de um novo produto criando uma cadeia de valor com as várias atividades. Segundo, captura valor de uma porção dessas atividades para a empresa que desenvolve o modelo.	Empreendedorismo
Johnson, Christensen & Kagermann 2008	Consiste em quatro elementos interligados que criam e capturam valor. Sendo o mais importante a preposição de valor para o cliente seguido da expressão do lucro e das atividades e processos chave.	Estratégia
Demil & Lecocq 2010	Refere-se à descrição e articulação entre os seus diferentes componentes para produzir uma preposição que cria valor para o cliente e para a empresa.	Investigação
Osterwalder & Pigneur 2010	Descreve o racional de como uma empresa cria, entrega e captura valor.	Investigação
Teece 2010	Define como um negócio cria e entrega valor aos seus clientes convertendo pagamentos em lucro.	Estratégia/Inovação

Zott & Amit 2010	Pode ser visto como um modelo que refere a maneira como uma empresa conduz o seu negócio e como entrega valor às partes interessadas.	Investigação
George & Bock 2011	É um projeto organizacional feito para aproveitar oportunidades comerciais.	Empreendedorismo

2.2 Indústria 4.0

A indústria é a parte da economia que produz bens (Lasi et al., 2014). Desde do início do sec. XIX que a indústria passou por fases de aceleração proporcionados pelo avanço da tecnologia referidas como revoluções. A primeira revolução industrial deu-se em parte pela introdução da máquina a vapor e da mecanização da produção (Crafts, 1996). A segunda revolução aconteceu durante a introdução de patentes associadas à energia elétrica e à sua distribuição (Kehoe, 2001). A terceira, está associada à digitalização em massa e à introdução de robots nas linhas de montagem na década de 50 (Lasi et al., 2014).

Entre 2011 e 2014 o governo alemão apresenta uma série de recomendações que visam a implementação de uma iniciativa estratégica denominada indústria 4.0, também referida como a quarta revolução industrial, de forma a assegurar o futuro da manufatura nacional. Segundo o relatório final do grupo de trabalho de indústria 4.0 a próxima revolução será proporcionada pela criação de sistemas ciber-físicos (CPS) (figura 2.3), sistemas físicos controlados por elementos computacionais.

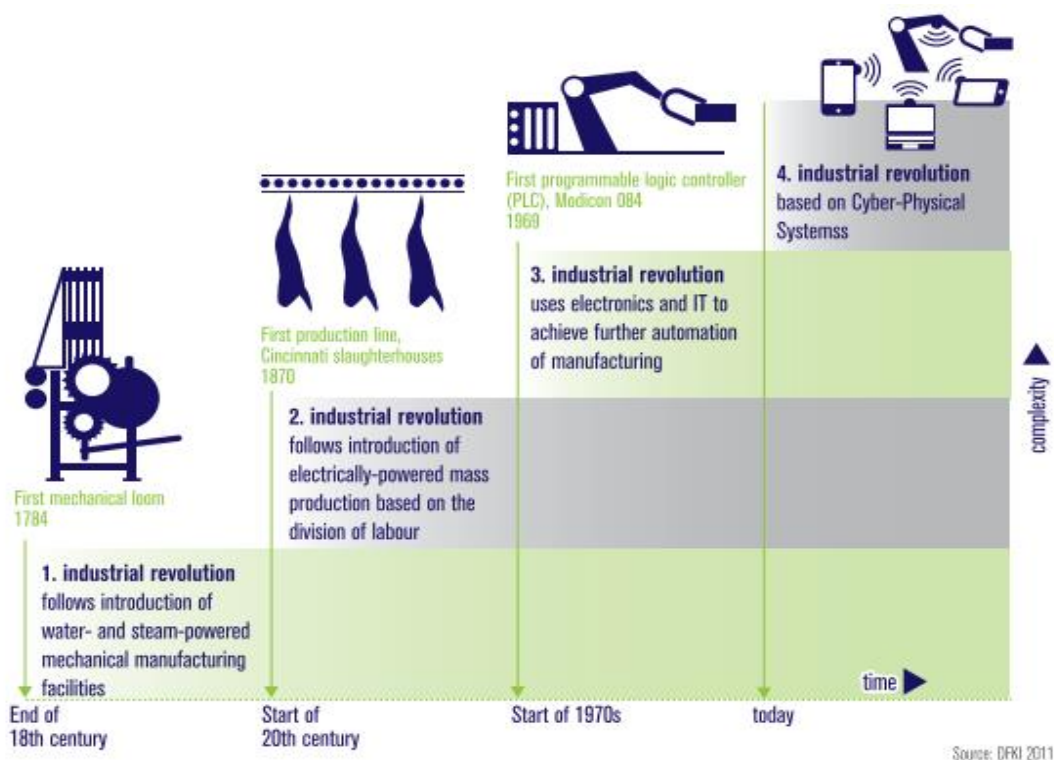


Figura 2.3- Revoluções industriais
(Henning et al. 2013)

Henning et al. (2013) justificam o potencial desta tecnologia com a satisfação de requisitos individuais do cliente, a flexibilidade e otimização de processos, a criação de novos serviços, um melhor balanço entre vida familiar e profissional e no caso da Alemanha, a possibilidade de se posicionar como um líder mundial no fornecimento de soluções da indústria 4.0.

A indústria 4.0 pode ser vista como uma nova maneira de organizar e controlar a cadeia de valor (Henning et al., 2013). Desta forma será possível responder a variações de *stock* ou alterações nas especificações de um produto de forma instantânea e remotamente. Os agentes envolvidos na produção, ao comunicarem entre si, podem responder de forma autónoma a pequenas alterações no processo de fabrico.

Esta quarta revolução industrial pode ser caracterizada pela mudança de um sistema central que controla as várias fases de produção para um conjunto de vários processos descentralizados. Elementos dentro da linha de produção com acesso ao percurso realizado podem ditar o seu processo de fabrico comunicando com máquinas para serem realizadas determinadas tarefas ou com tapetes transportadores para atingirem a próxima fase de produção. (Hermann et al., 2016)

O termo “Industry 4.0” é muitas vezes apresentado como “*Industrial Internet*” ou “*Digital Factory*” embora nenhum dos referidos apresenta uma visão tão ampla como “*Industry 4.0*”(Reinhard et al, 2016). Num inquérito a cargo da consultora PwC, aquele autor refere que a indústria 4.0 consiste na digitalização de todos os componentes físicos num sistema digital conjunto com os parceiros da cadeia de valor. No seu ponto de vista a indústria 4.0 irá facilitar ou permitir a integração vertical e horizontal na cadeia de valor, a digitalização da oferta de produtos e serviços e a digitalização de modelos de negócio com acesso por parte do cliente.

Reinhard et al. (2016) apresentam 6 passos para a transição para a indústria 4.0 de forma a ganhar vantagem aos competidores:

- Definição da estratégia para a implementação
- Criação de projetos piloto
- Definição dos recursos necessários
- Especialização em análise de dados
- Transição para uma empresa digital completa
- Planeamento contínuo em conjunto com os parceiros

Segundo Dujin et al. (2014), colaboradores da consultora Roland Berger, a indústria 4.0 resulta da ideia de uma digitalização consistente com a ligação entre todas as unidades de produção de uma economia. A indústria 4.0 deve ser diferenciada de conceitos menos abrangentes como a internet das coisas ou fábricas inteligentes. Dujin et al. (2014) consideram como características chave da indústria 4.0 os sistemas ciber-físicos e a localização no mercado, robots e máquinas inteligentes, *big data*, conectividade, a eficiência energética e descentralização, a industrialização virtual e por último as fábricas inteligentes. De acordo com a consultora, os sistemas de informação vão passar a estar muitos mais conectados com os fornecedores e clientes criando sistemas ciber-físicos. O controlo destes sistemas em tempo real irá permitir a alteração de processos de produção melhorando o tempo de resposta a variações do mercado. A introdução de máquinas e robots inteligentes capazes de se adaptarem e interagirem entre si irá proporcionar um aumento sem precedentes na produtividade. A conectividade será melhorada pela quantidade de elementos presentes em CPS permitindo um fluxo de produção mais consistente. Dujin et al. (2014) preveem uma maior independência energética com energias renováveis ou centrais nucleares descentralizadas. Com a industrialização virtual será possível preparar a produção física de uma fábrica sem serem necessários testes ou ensaios.

De acordo com Schlaepfer et al. (2015), num estudo feito a cargo da consultora Deloitte, a indústria 4.0 assenta em 4 grandes categorias: cooperação vertical (*vertical networking*), desde de sistemas de produção inteligentes e de processos logísticos ao marketing e fornecimento de

serviços inteligentes, com uma orientação específica para o cliente.

A integração horizontal resultará do desenvolvimento de redes de criação de valor pela integração de parceiros de negócio a nível global ou pela criação de novos modelos de negócio e de cooperação internacional.

O foco da manufatura deixa de ser apenas na produção, mas em todo o ciclo de vida, tanto dos produtos como dos clientes. Referido como “*Thought-engineering*”, o processo passa a ocorrer de forma contínua permitindo que o desenvolvimento de novos produtos esteja coordenado com o seu ciclo de vida.

A aceleração através de tecnologias exponenciais que permite a customização individual e a flexibilidade de processos proporcionada pelo aumento da comunicação com o cliente passando a ser possível a sua influência na projeção de um produto. Schlaepfer et al. (2015) referem como grande exemplo destas tecnologias a manufatura aditiva que permite novas soluções aos clientes, com maior complexidade sem custo adicional.

Para Bunse et al. (2014), a indústria 4.0 representa a transição de uma produção centralizada para uma produção descentralizada. Nas suas palavras: *“isto significa que a maquinaria da produção industrial deixa de processar os produtos para serem os produtos a comunicar com a maquinaria dizendo-lhe exatamente o que fazer.”*

Rüßmann et al. (2015), colaboradores da consultora BCG afirmam que a indústria 4.0 está a ser impulsionada por nove avanços tecnológicos:

- Análise de “*Big Data*” - A análise de grandes quantidades de informação permite a otimização da qualidade de produção, redução dos gastos energéticos e a melhoria de todo o serviço.
- Robots autónomos - Os Robots já existentes em muitas fábricas vão passar a estar interligados com capacidade de aprendizagem tornando-os mais flexíveis. Estes Robots interligados conseguem interagir de forma a trabalharem em conjunto com humanos ajustando pormenores automaticamente facilitando essa cooperação.
- Simulação - As simulações nas operações na fábrica vão transmitir muito mais informação do mundo real para o mundo virtual. São permitidos assim testes e ajustes de calibração numa fração do tempo.
- Integração de sistemas– Com a troca de informação entre empresas e departamentos existirá uma simbiose industrial que permite uma cadeia de valor completamente

automatizada.

- Internet das coisas – Apesar de os sensores e atuadores já existirem em muitas indústrias, no futuro todos os elementos presentes na produção vão estar ligados entre si permitindo respostas descentralizadas e adaptações em tempo real.
- Ciber segurança – Com a passagem de sistemas fechados exclusivos à fábrica a sistemas na rede com acesso restrito, as ameaças a segurança da informação passam a ser muito maiores. De forma a precaver ataques a autenticação e a segurança do sistema devem ser infalíveis sem por em cause a velocidade.
- Nuvem – Os sistemas já existentes de armazenamento de dados vão ter de ser muito maiores para recolher a informação do sistema. A sua velocidade será também aumentada garantido o acesso a todos os elementos instantaneamente.
- Manufatura aditiva- A manufatura aditiva vai passar a ter uma adoção por parte das empresas muito maior da já existente. Oferece vantagens de construção como a prototipagem rápida, lotes pequenos de produtos customizados e permite a elaboração de peças complexas com menor peso. Estes sistemas aplicados de forma descentralizada permitem também uma redução de stock e distância de transporte.
- Realidade aumentada- A realidade aumentada vai ter um papel importante no suporte de serviços. Com o seu desenvolvimento, os trabalhadores podem receber informação atualizada e aconselhamento em reparações.

De forma a facilitar a escolha de “*levers*” da indústria 4.0 a serem implementadas nas empresas, a consultora McKinsey num relatório de Baur & Wee (2015) apresenta um “compasso digital” (figura 2.4) com oito vetores de criação de valor (*value drivers*) relacionados com 26 “*levers*”. Estas “*levers*” são apresentadas com o intuito de ajudar as organizações a encontrar as melhores soluções para os seus problemas. Para além das “*levers*” apresentadas na imagem Baur & Wee (2015) sugerem que as empresas devem integrar talento digital que facilite a transição e referem como problemas críticos a resolver a gestão de dados e a ciber segurança.



Figura 2.4- Compasso digital
(Baur & Wee 2015)

Taliaferro & Guenette (2016) sugerem que a tecnologia presente na indústria 4.0 que permite a existência de fábricas e redes logísticas inteligentes baseia-se na recolha e análise de informação de forma a garantir o funcionamento “físico” da manufatura e da distribuição. Esta transição é feita do sistema físico, para o sistema digital e de novo para o sistema físico (figura 2.5).

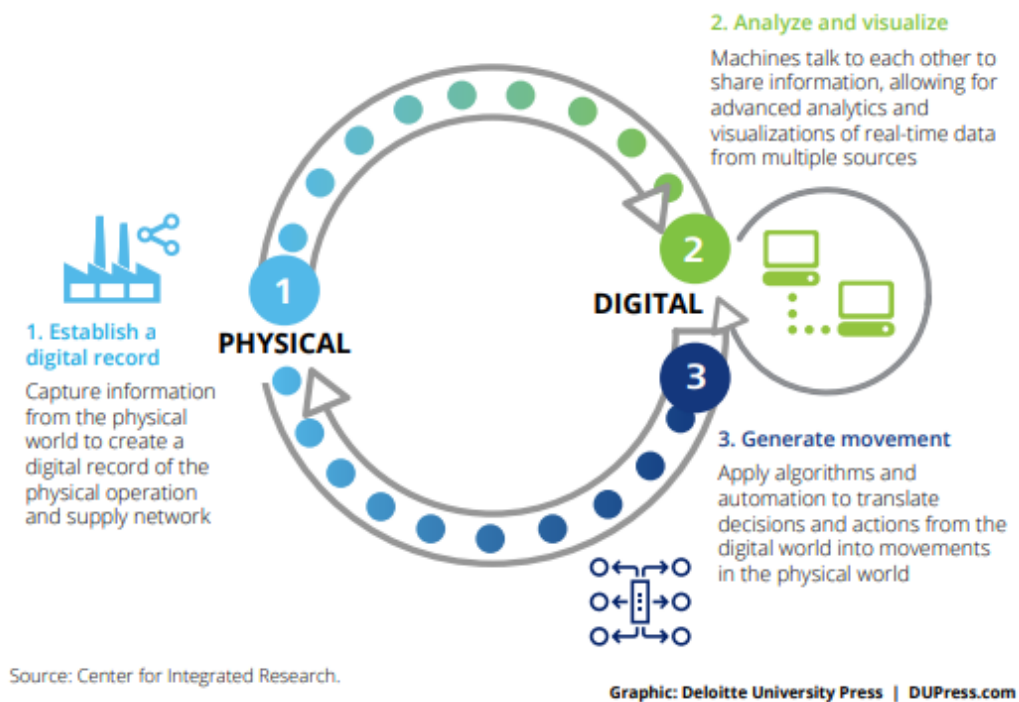


Figura 2.5- Transição física-digital-física da indústria 4.0
(Taliaferro & Guenette 2016)

A internet of things (IoT)

O termo internet das coisas foi introduzido por Ashton (2010) para descrever um sistema no qual objetos no mundo físico pudessem estar conectados à internet por sensores. Todos os elementos presentes na rede podem receber ou transmitir informação, por RFID ou outro meio de comunicação, permitindo a identificação de um produto específico, o seu trajeto e a adição de informação. Com a combinação de componentes mecânicos e eletrônicos capazes de comunicar entre si é criado um sistema ciber-físico com uma capacidade de resposta mais rápida do que o sistema tradicional (Menesguen et al., 2011). Por outro lado, Bauernhansl et al. (2016) definem sistema ciber-físico como a colaboração entre entidades computacionais e o seu mundo físico envolvente, é um processo contínuo que resulta da troca de dados entre os vários componentes.

Borgia (2014) refere como requisitos da IoT a heterogeneidade, a escalabilidade, a minimização dos custos, automação, flexibilidade, qualidade do serviço e um ambiente seguro.

A heterogeneidade permite a utilização e comunicação entre diferentes dispositivos, diferentes tecnologias, serviços ou contextos.

A escalabilidade deve estar preparada, ou ter espaço para evoluir, para receber um número exponencial de elementos e informação de forma a serem processados sem atrasos causados pelo

congestionamento.

A minimização de custos deve ser contemplada desde de o início controlando os gastos e o consumo de energia.

A automação do sistema tem de permitir à IoT a autoconfiguração, auto-organização, a adaptação própria do sistema, a capacidade de reação, capacidade de localizar entidades e o processamento de “*Big Data*”.

A IoT deve ser flexível o suficiente de maneira a poder programar ou configurar diferentes dispositivos ou grupos de dispositivos. Deve ter uma forte qualidade em serviço garantindo a velocidade e prevenindo falhas no sistema.

Um ambiente seguro é fundamental para o funcionamento da rede, deve ser robusto o suficiente de forma a prevenir ataques externos e autenticar responsáveis permitindo a confidencialidade.

Segundo Borgia (2014), uma “coisa”, referida no termo “*internet of things*”, pode ser não só um objeto real, mas também uma entidade virtual. Estas entidades podem ser identificadas individualmente consoante números de identificação, nomes e localizações. Assim, uma “coisa” deve ser facilmente identificada e/ou controlável via internet.

Chui et al. (2010) apresentam como definição da IoT “*um conjunto de tecnologias e aplicações que equipam objetos e localizações gerando todo o tipo de informação.*” O objetivo de toda a conectividade concentra-se na análise de toda a informação e idealmente reações automáticas. De acordo com os autores a IoT concentra-se na capacidade dos objetos físicos de comunicar as condições em que se apresentam e a sua localização.

Chuah (2014) adianta que a IoT recolhe dados de objetos inteligentes que posteriormente são transmitidos para um processador que analisa a informação e determina um conjunto de ações adequadas. Este conjunto de ações é decidido não só com base na informação recolhida no momento, mas também no histórico desses objetos inteligentes e em informações armazenadas de cenários semelhantes. Assim o autor divide a IoT em três camadas:

Sistemas inteligentes- camada composta pelos objetos físicos com capacidade de comunicação e perceção transformando-os em “*smart objects*”. É nesta camada que é feita a aquisição de informação (*Data*).

Conectividade- Camada constituída pela rede, “*wired*” e “*wireless*”, que conecta os sistemas. A sua funcionalidade primária é a transmissão de informação.

Análise- Camada responsável pelo processamento da informação recolhida. Esta informação pode ser usada na tomada de decisão de outros “*smart objects*”.

Chuah (2014) acrescenta que cada camada é composta por “*enablers*”, tecnologias centrais que no seu conjunto permitem a existência da IoT. Dentro dos sistemas inteligentes o autor refere as plataformas da IoT, o software disponível em *open source* assim como o suporte para *hardware*. As soluções de conectividade são facilitadas pela disponibilidade de *hardware* de baixo custo, energeticamente eficientes e fáceis de instalar. Dentro da análise é destacada a capacidade de análise multimodal e as técnicas de visualização e avaliação.

Embora o conceito da internet das coisas tenha sido idealizado há muito, começa agora a dar os seus passos primordiais graças aos recentes avanços tecnológico e à criação de novos protocolos de internet (Ahmed, 2016; Jara et al, 2012). Desses avanços tecnológicos destaca-se o fabrico em massa e consequente redução de custo das etiquetas RFID (*radio-frequency identification*), etiquetas de identificação por frequência de rádio e de sensores, a diminuição do preço de armazenamento e análise de dados, a aceleração da velocidade de processamento e a introdução do protocolo de internet IPv6 (Gusmeroli, S et al., 2009).

A RFID funciona com dois elementos: uma etiqueta de identificação e um leitor de etiquetas. A etiqueta de identificação pode funcionar tanto de forma passiva como ativa. As etiquetas ditas passivas não possuem uma fonte de energia própria e só conseguem trocar informação depois de receberem um sinal eletromagnético pelo leitor. As etiquetas ativas possuem uma bateria interna que lhes permite transmitir um sinal continuamente.(Want, 2006)

Segundo Thompson & Best (2000) o preço por quantidade de dados a armazenar tem vindo a diminuir linearmente desde a introdução de tecnologia até 1998. Nos anos seguintes o preço desceu drasticamente, como se poderá verificar pelo gráfico da figura 2.6, graças às várias barreiras tecnológicas ultrapassadas e ao aumento da competitividade no setor.

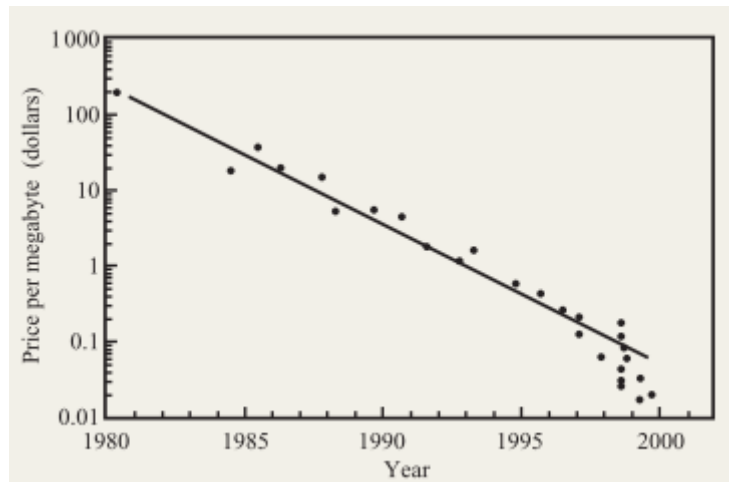


Figura 2.6- Histórico de preço por megabyte vs. ano de produção
(Thompson & Best 2000)

Outro avanço tecnológico foi a introdução a nível global do protocolo de internet versão 6 (IPv6). O protocolo anterior, IPv4, apenas permitia a existência de 4 294 967 296 (2^{32}) endereços. Sangiovanni-vincentelli (2014) prevê existirem 7 bilhões de dispositivos em 2025, o equivalente a 1000 por pessoa. Desta forma, o número máximo de dispositivos suportados pelo protocolo IPv4 seria rapidamente ultrapassado. A versão 6 do protocolo de internet, entre outras vantagens, permite a existência de 3.4×10^{38} endereços (Ali, 2012), um número bem superior ao permitido pelo antigo protocolo.

Big Data

Com o aumento do número de sensores aumenta também a quantidade de informação recolhida. Nos últimos anos o termo “*Big Data*” tem vindo a ser cada vez mais utilizado para referir grandes conjuntos de dados que possam ser analisados com tempo limitado. Boyd & Crawford (2012), por outro lado, referem que o termo não indica propriamente a quantidade de dados, mas a capacidade de procurar, agregar e cruzar conjuntos de dados.

Os autores definem “*Big data*” como um fenómeno tecnológico e cultural que resulta da interação de três pontos:

Tecnologia: maximização do poder computacional e precisão para agregar, analisar e comparar grandes conjuntos de dados.

Análise: inspecionar grandes conjuntos de dados de forma a encontrar padrões e correlações.

Mitologia: a promessa de que a análise de grandes conjuntos de dados irá evidenciar problemas e soluções anteriormente impossíveis de detetar.

A informação tem um papel fundamental no desenvolvimento e na implementação da IoT. Neste momento a informação recolhida por sistemas de informação demora muito tempo a ser analisada e não é possível ser aplicada imediatamente. E. Ahmed et al. (2017) preveem que o verdadeiro valor acrescentado pela IoT vai estar na capacidade de decisão imediata proporcionada pela recolha de grandes conjuntos de dados e rápida análise.

Big Data é referido como grandes quantidades de dados que ultrapassam a capacidade dos sistemas usados para a sua análise (Trnka, 2014). Desta forma a quantidade de dados referidas no termo *Big data* varia consoante a capacidade tecnológica existente. Gilchrist (2014) refere que um dos maiores problemas na análise de dados passa pela sua estruturação. Com a quantidade de dados recolhidos pela implementação da indústria 4.0 os sistemas existentes na maioria das empresas deixam de ter capacidade de resposta às necessidades. De outra forma, os sistemas existentes iriam demorar tanto tempo a analisar os dados recolhidos que por essa altura as conclusões já não fariam sentido. Gilchrist (2014) sugere que este problema pode ser parcialmente resolvido com os serviços de “*cloud*” e o software disponível em “*open source*” como o programa Hadoop, que embora não forneça resultados em tempo real é rápido. A escolha dos sistemas a utilizar por cada empresa varia conforme as características dos dados recolhidos referidos como os 3 V’s (figura 2.7).

Volume- O primeiro V refere-se à dimensão dos dados a recolher. Gandomi & Haider (2015) referem que num questionário realizado em 2012 mais de metade das respostas consideravam um *terabyte* como *big data*, enquanto em 2015 esse número já estava na ordem de *pentabytes* (um *pentabyte* é igual a 1024 *terabytes*).

Variedade- A variedade dos dados corresponde a heterogeneidade referente à estrutura em que os dados são recolhidos. *Big data* é recolhida de diferentes fontes e consequentemente em diferentes formatos. Os dados podem ser recolhidos de forma estruturada, o que facilita a sua análise, ou recolhidos aleatoriamente tornando-os difíceis e morosos de analisar (Sagiroglu & Sinanc, 2013).

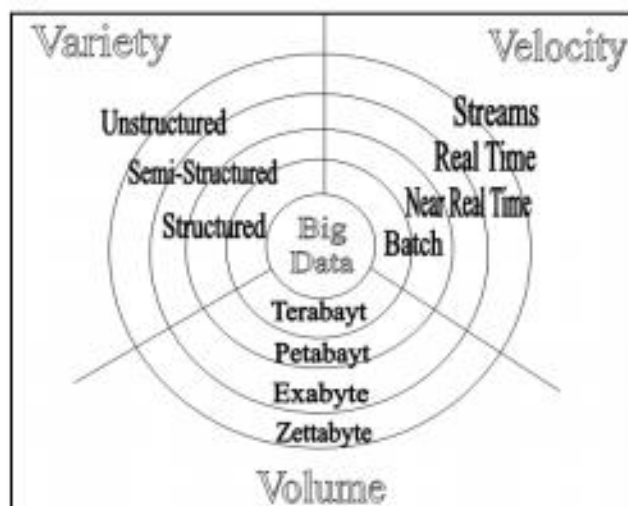


Figura 2.7- Três V's de Big Data
(Sagiroglu & Sinanc 2013)

Velocidade- A velocidade corresponde ao ritmo a que os dados são gerados e à velocidade desejada para a sua análise. Os dados recolhidos por sensores e por aplicações de telemóvel produzem uma fonte constante de informação que permite gerar soluções diárias exclusivas Gandomi & Haider (2015). Consoante a velocidade de análise é possível fornecer soluções imediatas aumentando a proposta de valor. Com comunicações M2M torna-se fundamental uma resposta imediata, os dados enviados transmitem informação do estado ou das condições de um sistema que pode requerer uma resposta imediata (Gilchrist, 2014).

Gilchrist (2014) acrescenta 3 V's aos originais referidos pela maioria dos autores com o objetivo de evitar potenciais erros.

Veracidade- Um dos grandes problemas da análise de *big data* aparece quando os dados recolhidos são indubitavelmente considerados verdadeiros. O autor refere como exemplo os dados recolhidos de um sensor defeituoso, esses dados irão gerar respostas que não correspondem as necessidades reais do sistema. “*Garbage in, garbage out.*”

Valor- Os dados recolhidos de um sistema só possuem valor se for possível determinar a sua relevância para o modelo de negócio em questão. Desta forma é importante conseguir decidir que informação deve ser recolhida e analisada. À priori é fundamental ter uma ideia do que recolher, as correlações entre dados não surgem sem programar o sistema para as encontrar.

Visibilidade- Para facilitar essa mesma busca por correlações ou tendências a visibilidade dos dados deve ser apresentada de uma maneira fácil de ler (ex: gráficos, tabelas, *et cetera*). Este problema é parcialmente resolvido com *software* de visualização de dados como o programa

Tableau que traduz os dados de diferentes formatos para uma forma mais fácil de interpretar.

A análise de dados em tempo real permite alterar estratégias implementadas mesmo quando ainda estão a decorrer operações. Desta forma é possível mudar o curso implementado evitando perdas. Wu et al. (2014) referem como exemplo o primeiro debate presidencial entre Mitt Romney e Barack Obama que gerou mais de 10 milhões de tweets em 2 horas. Dentro destes tweets foi possível perceber os interesses do público através da altura e da frequência a que eram publicados.

Wu et al. (2014) apresentam as características de *Big data* com o teorema HACE. *Big data* corresponde a dados com um grande volume, **H**eterogêneos, com fontes **A**utónomas e de controlo descentralizado com o objetivo de explorar relações **C**omplexas e **E**volutivas. O autor compara a descrição de *Big data* com a experiência teórica em que um grupo de pessoas cegas é confrontada com um elefante (figura 2.8). Cada uma dessas pessoas descreve o que imagina no seu espaço e posteriormente essas conclusões juntas poderão desenhar um elefante embora não tenha sido perceptível a nível individual. Com dados recolhidos de diferentes fontes (grupo) é possível encontrar uma solução que individualmente não tem grande valor nem fazia sentido.

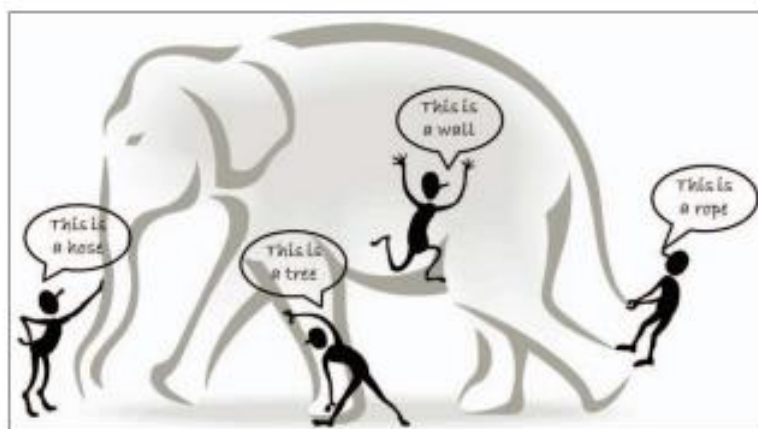


Figura 2.8- "O homem cego e o elefante", a visão localizada leva a uma conclusão errada
(Wu et al., 2014)

O sucesso da implementação da análise de dados numa empresa não depende apenas da recolha de dados e das técnicas utilizadas para a sua análise. Com o medo de perder competitividade muitos negócios partem para a implementação de sistemas de análise de dados sem estudar os efeitos a longo prazo (Grover, et al 2018). Embora seja difícil de confirmar estes efeitos *a priori* Grover et al. (2018) apresentam um modelo de tomada de decisão VRIO, composto por 4 perguntas, para avaliar se a iniciativa acrescentará valor ao modelo de negócio:

Valor- A iniciativa permite à organização a recolha de informação valiosa de maneira a explorar

novas oportunidades de negócio ou neutralizar ameaças dos concorrentes?

Raridade- Os dados recolhidos em conjunto com a capacidade de análise são raros ou de fácil acesso pelas empresas concorrentes?

Imitabilidade- As empresas concorrentes sem um sistema de análise de dados encontram resistência para desenvolver um sistema semelhante?

Organização- Faz sentido dentro da estratégia e da cultura da organização o desenvolvimento de um sistema de análise de dados?

A resposta a estas perguntas ajuda a perceber se faz sentido todo o investimento inicial para o desenvolvimento de um sistema de análise de dados dentro de uma empresa e da sua estratégia a longo prazo.

Villars & Olofson (2014) descrevem *Big data* como um desafio a grandes organizações que tem de lidar cada vez mais com fontes de informação de análise complexa. Dentro destas organizações os maiores desafios são a capacidade do *hardware*, que deve conseguir suportar, analisar e validar os dados recolhidos. A análise de dados não estruturados, a capacidade de trabalhar com dados aparentemente aleatórios e a capacidade de rapidez de resposta em tempo real. Villars & Olofson (2014) afirmam que independentemente da indústria o valor da implementação de sistemas de análise de dados assenta em 3 critérios: o aumento de informação relevante, o aumento da confiança nos dados recolhidos e a diminuição do tempo de resposta.

Inspirados nos modelos de criação de valor de Michel Porter, Miller & Mork (2013) introduzem um modelo composto por várias atividades que culmina na criação ou captura de valor pela análise de dados (Figura 2.9). Começando pela descoberta dos dados, dividida em 3 fases, uma organização tem de saber a quantidade e o estado em que se encontra a informação e definir estratégias para o rumo a seguir:

A recolha e inventário- A descrição não só da quantidade de informação, mas também do estado em que se apresenta, as suas fontes e a sua veracidade facilitará a análise posteriormente.

A preparação- Envolvendo a capacidade de acesso a todas as fontes com o mesmo sistema estabelecendo protocolos de segurança e restrições.

A organização- Uma organização formal dos dados, onde é possível conhecer o seu formato ou o software utilizado irá facilitar a partilha de informação dentro da empresa ou com os seus parceiros.

A segunda etapa do modelo envolve a integração dos dados encontrados. A informação previamente organizada é integrada num sistema capaz de interligar diferentes formatos com uma representação comum.

Por último resta a exploração dos dados recolhidos também dividida em 3 fases:

A análise- Os dados integrados estão agora pronto para a sua análise que envolve também da origem e dos resultados de maneira a que possam ser replicados reforçando a sua validade.

A visualização- Garantindo uma fácil interpretação da análise a todas as partes interessadas suportando a tomada de decisões.

A decisão- Com base nos resultados obtidos que decisões irão proporcionar um acréscimo de valor no modelo de negócio.

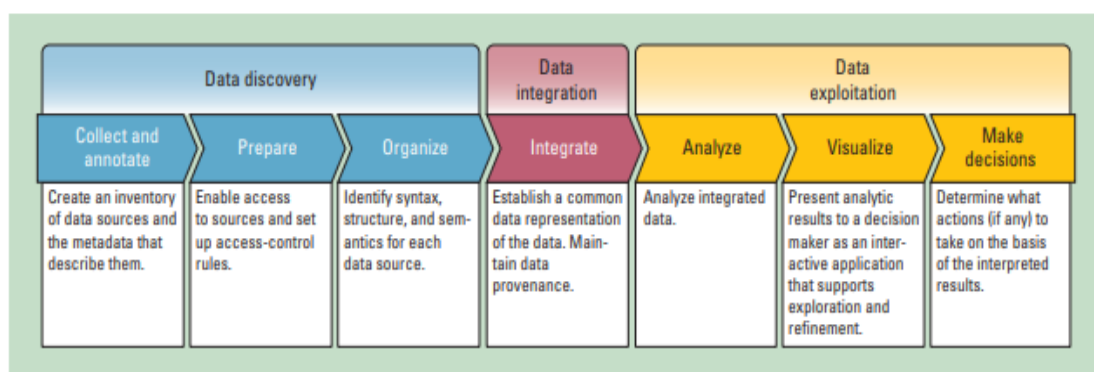


Figura 2.9- Cadeia de valor da análise de dados
(Miller & Mork 2013)

Manyika et al. (2011) evidenciam o potencial da criação de valor com o recurso à análise de dados. Num relatório em conjunto com a consultora McKinsey os autores afirmam que a análise de *Big data* levará a criação de valor na economia global. O aumento da transparência entre departamentos de uma organização ou entre parceiros reduzirá o tempo de verificação e consequente aumento da confiança contribuindo para simbioses industriais. A experimentação pode ser feita de uma forma muito mais controlada analisando instantaneamente os resultados e efetuando as devidas correções. A possibilidade de segmentação da população irá permitir campanhas de publicidade ou promoções a clientes específicos com produtos ou serviços customizados para cada segmento. A substituição de humanos ou o suporte na capacidade de decisão por algoritmos, reduzirá o risco associado ao erro humano. As decisões anteriormente baseadas em pequenas amostras poderão passar a ter em conta grande parte ou toda a população.

A análise de *big data* contribuirá para a invenção de novos produtos e serviços e para a criação de novos modelos de negócio. Manyika et al. (2011) referem como exemplo as empresas de manufatura que já se encontram a desenvolver novos produtos com base nos dados recolhidos e na criação de sistemas inovadores de pós-venda.

De acordo com o jornal “*The Economist*”, os dados passaram a ser, desde 2017, a *commodity* mais valiosa do mundo. Sustentando este argumento, surgem as 5 empresas mais valiosas do mundo. A Alphabet, a Amazon, a Apple, o Facebook e a Microsoft no seu conjunto, atingiram 27 mil milhões de euros no primeiro semestre do mesmo ano em grande parte graças à publicidade com base nos dados dos clientes.

A empresa SAS (2012) descreve “*big data analytics*” como as soluções de *software* projetadas para a análise de *Big data*. No relatório são identificados cerca de 242 mil milhões de euros que podiam ser melhorados em eficiência e inovação pela análise de *big data*. Existindo uma infinidade de setores onde a análise de *Big data* tem o potencial para gerar valor, existem setores onde a aplicação terá um impacto muito mais significativo. Manyika et al. (2011) identificam o setor de venda de produtos eletrónicos e os setores de informação como os principais beneficiários da implementação destes sistemas.

A velocidade de recolha de dados aumenta a um ritmo tão grande que, segundo o *world economic forum*, 90% da informação armazenada hoje, foi criada nos últimos dois anos. Apenas 0.5% desses dados foram alguma vez analisados, evidenciando os potenciais ganhos não só pelas empresas, mas pela população no geral. Ex: Em 2009 a empresa google foi capaz de identificar através de algoritmos complexos e historiais de pesquisas onde surgiu o surto do vírus H1N1 nos Estados Unidos da América e o seu percurso pelo país (Weinelt, 2016).

Cloud Computing

Com a crescente necessidade de memória e poder computacional o hardware e software instalado nas organizações passaria muito rapidamente a obsoleto e incapaz de lidar com as necessidades diárias. Dentro de uma empresa seria necessário estar constantemente a adquirir novos servidores para acompanhar o aumento de tráfego. Os smartphones pessoais rapidamente ficavam com a memória interna ocupada sem capacidade para armazenar fotografias ou mensagens. Este problema é agora facilmente ultrapassado com o aparecimento de novos modelos de negócio em que as grandes empresas como a Google e a Amazon passaram a fornecer serviços de armazenamento de dados e de computação sem ser necessário possuir o *hardware*. A capacidade de armazenagem e de computação passa assim a ser responsabilidade dos fornecedores destes serviços. Desta forma os utilizadores destes serviços podem deixar de prever a capacidade

necessária futura e passam a pagar apenas pela capacidade necessária real do sistema.

Wang et al. (2010) definem *cloud computing* como um conjunto de serviços através da rede que garantem a escalabilidade, a qualidade e a personalização de infraestruturas de computação a um preço acessível que conseguem ser acedidas de uma simples e intuitiva. Esta infraestruturas são partilhadas pelos clientes finais que possuem a capacidade de as aceder num tempo mínimo (Srinivasan, 2014). O fornecimento destes serviços varia consoante as necessidades dos clientes e pode ser dividido em 3 categorias (Figura 2.10):

IaaS: *Infrastructure as a service*, refere-se ao fornecimento de estruturas de computação ou de memória (hardware) dentro da rede que os clientes têm acesso online (Gilchrist, 2014). Os clientes deixam de necessitar de um espaço físico para armazenar os seus dados, deixam de ter a necessidade de calcular o espaço e o poder computacional necessário para desenvolver a sua atividade pagando apenas pelo espaço verdadeiramente ocupado. Neste modelo o utilizador é responsável pela informação presente na plataforma assim como do *software* de gestão de dados.



Figura 2.10- Serviços de armazenamento e computação
Fonte: “<https://azure.microsoft.com/pt-pt/overview/what-is-saas/>”

PaaS: *Platform as a service*, consiste no fornecimento não só de espaço e poder computacional, mas também de plataformas onde os clientes podem desenvolver aplicações ou gerir os seus dados sem a preocupação de criar a arquitetura base ou mesmo sem programar. Neste serviço o cliente fica com um acesso mais limitado sem controlar a estrutura base da nuvem como o sistema operativo (Mell & Grance, 2011).

SaaS: *Software as a service*, neste sistema o cliente deixa de controlar não só a estrutura base da nuvem, mas também a capacidade das aplicações dentro do sistema. É eliminada a necessidade

de instalar ou desenvolver software (L. Wang et al., 2010). Com este serviço deixa de ser necessário a instalação de uma aplicação para o desenvolvimento da tarefa no computador do cliente.

Para além do tipo de serviço existe o tipo de nuvem a ter em conta. Conforme as necessidades dos clientes, como segurança, velocidade, redução de preço, o tipo de nuvem varia:

Nuvem pública- A informação numa nuvem pública é proveniente de vários clientes, mais adequada para SaaS. É o tipo de nuvem mais acessível em termos financeiros onde o cliente só paga pelo espaço que utiliza. Está disponível publicamente e o seu espaço físico encontra-se no fornecedor (Mell & Grance, 2011).

Nuvem privada- A infraestrutura da nuvem está disponível apenas para o cliente ou para um conjunto de clientes parceiros. Pode fazer parte e gerida pela empresa ou por terceiros e pode existir dentro ou fora do seu espaço físico (Mell & Grance, 2011). Este tipo de nuvem normalmente é mais caro e exige um cálculo das necessidades do cliente a priori. Esta tem também um nível de segurança muito mais elevado do que uma nuvem pública.

Nuvem híbrida- A nuvem híbrida junta os dois métodos utilizados tanto na nuvem pública como na privada. Numa nuvem híbrida o cliente pode optar por armazenar parte da sua informação, a mais sensível, numa parte privada e o resto numa parte pública (Zhang et al, 2010) . É possível um maior controlo e segurança mantendo a expansão ou contração do serviço.

Dentro da indústria 4.0 é necessária uma grande frequência de utilização dos dados armazenados, com grande mobilidade e com informação sobre a localização o que pode demorar algum tempo a obter com o sistema de nuvem. Desta forma, a empresa Cisco introduziu o conceito de “*Fog computing*” onde o poder computacional, ou parte dele, está alocado entre a fonte de dados e a nuvem. Existem dados com tamanha sensibilidade que com o tempo de comunicação entre a fonte e a nuvem a oportunidade pode desaparecer. Com “*fog computing*” esses dados são analisados perto da fonte permitindo uma resposta mais rápida. Yi et al. (2015) definem “*fog computing*” como um grande número de dispositivos ligados e descentralizados que cooperam entre si de forma a tomar decisões sem a intervenção de terceiros. Ex: Numa situação em que a segurança está em causa, como um carro autónomo, a capacidade de decisão tem de ser imediata. Feita sem comunicação com a nuvem.

Integração de sistemas

A integração de sistemas consiste na comunicação e interação entre os vários departamentos de uma organização ou em diferentes fases dos processos da mesma. As fábricas inteligentes e as

organizações que iniciem a transição para a indústria 4.0 vão ter uma probabilidade de sucesso muito maior se a fizerem em conjunto com os seus colaboradores. A integração de sistemas permitirá um melhor rendimento de cada subsistema. Rüßmann et al. (2015) referem que os sistemas de tecnologia de informação existentes ainda não estão completamente integrados. As empresas não têm uma ligação direta com os seus clientes e fornecedores assim como não existe uma interação eficaz entre departamentos da mesma organização. Com a implementação da indústria 4.0 a interação entre os vários departamentos de uma empresa e da organização com os seus colaboradores passará a ser um fluxo contínuo de informação, permitindo o aumento de confiança e a criação de cadeias de valor completamente automatizadas. Segundo Henning et al. (2013) existem 3 dimensões de integração de sistemas na indústria 4.0:

A integração horizontal, que se refere à integração dos vários sistemas de informação usados em diferentes fases da manufatura ou do planeamento de processos que envolvem a troca de recursos (ex: material, energia, informação) dentro ou fora da mesma organização (Posada et al., 2015). Com a integração horizontal entre diferentes organizações, é criado um fluxo ininterrupto de informação onde novas cadeias de valor ou modelos de negócio podem emergir.

A integração vertical, que permite uma configuração ou reconfiguração mais flexível de uma fábrica. Refere-se à integração dos sistemas de informação dos vários departamentos entre diferentes níveis hierárquicos. A visualização global de um processo produtivo permite uma melhor análise e um melhor planeamento (Henning, et al 2013). Na integração vertical é essencial que a informação recolhida e enviada por sensores e atuadores seja recebida por todos os departamentos. Desta forma, as “*smart machines*” formam um sistema organizado que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produtos (S. Wang et al 2016).

“*End-to-End Engineering Integration*”, também referido como “*Through-engineering*”, consiste na integração de todos os sistemas de informação de uma “*smart factory*”. Com a integração de sistemas do princípio ao fim da cadeia de valor, como a projeção, produção, fim de vida e serviços pós-venda, é possível visualizar todo o processo permitindo a customização de produtos mantendo margem de lucro (Posada et al., 2015). Os efeitos da projeção de um produto na produção podem ser vistos à priori, reduzindo tempos de reorganização e eliminando a necessidade de testes ou ensaios nas linhas de produção.

Cibersegurança

A indústria 4.0 introduz um novo risco para as fábricas inteligentes e organizações interligadas

desenvolvendo as suas atividades online. A quantidade de informação gerada e trocada entre organizações torna-as vulneráveis a ataques cibernéticos. Waslo et al. (2017) referem que é fundamental, para as organizações que pretendem seguir a indústria 4.0, a implementação de uma estratégia considerando o risco de ataques cibernéticos desde do início. Um ataque cibernético pode causar alterações de parâmetros interrompendo a produção ou diminuindo a qualidade, com o risco acrescido de pôr a segurança de trabalhadores em causa.

Gyorffi (2017) num relatório a cargo do parlamento europeu apresenta 3 principais cenários de riscos associados à cibersegurança na indústria 4.0:

A instalação de *software* malicioso, onde os atacantes podem atrasar a produção de uma organização ou sabotar operações logísticas. Os dados recolhidos pela produção são estudados por possíveis concorrentes ou manipulados.

Os componentes de controlo de máquinas inteligentes estão ligados à internet onde o atacante pode ler os dados gerados ou instalar diferentes geradores de dados numa tentativa de sabotar a produção.

“*Social engineering*”, onde os atacantes procuram explorar características humanas como o medo para manipular colaboradores de uma organização com o objetivo de ultrapassar a segurança ganhando acesso aos dados da empresa.

Huelsman et al. (2016) num estudo feito a cargo da consultora Deloitte, referem que mais de metade das empresas possuem aplicações de telemóvel para controlar os seus produtos conectados e que mais de 75 % usa WI-FI na comunicação de dados dentro da organização. Esta forma de comunicação, apesar de aumentar a velocidade de processos e rendimento, representa uma vulnerabilidade para a empresa. Huelsman et al. (2016) acrescentam que apenas 55 % destas empresas encriptam os seus dados na transmissão.

No relatório de recomendações para a indústria 4.0 de Henning et al. (2013), o governo Alemão aponta que as soluções existentes de segurança têm um preço elevado e que na maior partes das vezes não oferecem uma solução permanente. Desta forma a segurança no mundo cibernético não pode ser abordada como um problema pontual, mas um conjunto de processos evolutivo.

Waslo et al. (2017) assinalam como essencial numa nova rede de distribuição digital a partilha de dados com as partes interessadas e um processamento de vendas eficiente. Com esta nova rede digital será possível a alteração de preços de materiais ou produtos consoante a procura e a oferta existente no momento da troca. Waslo et al. (2017) evidenciam que uma rede digital com esta capacidade de resposta só será possível com a troca de dados entre os participantes, possivelmente

concorrentes noutras áreas. Assim tem de ser encontrado um equilíbrio que mantenha a transparência para uma parte dos dados ao mesmo tempo em que mantém a segurança para a outra. Este problema pode ser resolvido pela segmentação da rede (*network segmentation*), que consiste na divisão da rede em pequenos subgrupos. As organizações podem escolher que informação é partilhada com cada um dos subgrupos, garantindo uma rápida partilha de dados ao mesmo tempo em que protegem a informação mais sensível (Wagner et al., 2017).

No processamento de vendas as soluções tradicionais de celebração de contratos, com o número de participantes envolvidos, iriam atrasar as operações na rede de distribuição digital. Com a quantidade de transações de informação e pagamentos entre parceiros é necessária uma solução onde a confiança entre colaboradores e a sua identificação ocorra de uma forma instantânea e infalível. Waslo et al. (2017) sugerem a tecnologia *blockchain* como uma solução para estes problemas.

Blockchain

A *blockchain* é um termo criado para descrever a tecnologia que permite a existência e troca de *bitcoin*. Criada por Nakamoto (2008), a moeda digital *bitcoin* surge como solução para meios de pagamento online sem a necessidade de uma figura central de confirmação.

A *blockchain* funciona por meio de um livro-razão (*ledger*) a que todos os intervenientes têm acesso. Richard Bradley, colaborador da consultora Deloitte, numa tentativa de descrever a tecnologia emergente em menos de 100 palavras, apresenta:

“O leitor possui um ficheiro de transações no computador (livro-razão ou “ledger”). Dois gestores de contas (mineiros ou “miners”) têm o mesmo ficheiro nos seus respetivos computadores (está distribuído). Quando o leitor faz uma transação o seu computador envia um e-mail para os dois gestores de conta para os informar. Cada gestor apressa-se a verificar se o leitor tem de facto o valor que tenciona transacionar (sendo pago com “bitcoin”). O primeiro dos gestores a validar a transação envia essa informação a todos em conjunto com o raciocínio que utilizou na verificação (prova ou “proof of work”). Se o outro gestor concordar todos os intervenientes atualizam o seu ficheiro.”

O nome “*blockchain*” provem da forma de como o livro-razão é autenticado por todos os mineiros (Catalini et al., 2016). Um conjunto de transações forma um bloco (*block*) e a forma como um bloco é acrescentado ao livro-razão dita a confiança na *blockchain*.

Para realizar uma transferência na *blockchain* é necessário ter uma chave privada e uma chave pública. Cada transferência é protegida por uma assinatura digital que surge do resultado de uma função (equação 1) em que os valores de entrada são compostos por uma mensagem (ex: a envia x bitcoin para b) e por uma chave privada. Para confirmar essa transação existe outra função

(equação 2) que tem como valores de entrada a mensagem (a envia x bitcoin para b), a assinatura (resultado da primeira função) e a chave pública cujo resultado é “verdadeiro” ou “falso”. Isto é possível graças a uma ligação matemática entre a chave pública e a chave privada, embora seja impossível decifrar a chave privada com a chave pública. (Böhme, et al., 2015)

$$1) \text{Assina}(\text{mensagem}, \text{chave privada}) = \text{Assinatura}$$

$$2) \text{Verifica}(\text{mensagem}, \text{Assinatura}, \text{chave pública}) = V/F$$

A verificação de transações pode ser feita por qualquer elemento na rede. Os mineiros formam conjuntos de transações válidas chamados blocos (*block*) com o intuito de os adicionar à cadeia (*chain*) de blocos existentes formando um conjunto de blocos (*blockchain*). Por cada bloco adicionado o mineiro recebe uma recompensa, garantindo a aprovação de transações (Nakamoto, 2008).

Para adicionar um bloco à *blockchain* é necessária uma prova de poder computacional (*proof-of-work*). No caso da *bitcoin* a PoW consiste em encontrar um número que quando inserido na função “hash” em conjunto com a informação do último bloco apresenta um resultado de 64 caracteres em que X dos caracteres iniciais são zeros (Crosby et al., 2016). A única maneira de o mineiro encontrar esse número é por tentativa e erro dispensando tempo e poder computacional. Como cada número encontrado pelos mineiros faz parte do bloco adicionado, cada bloco contém informação relacionada com o bloco anterior criando uma cadeia de confiança (figura 2.11). Os restantes mineiros podem verificar o resultado simplesmente inserindo a informação do bloco anterior com o número apresentado (PoW) onde o resultado é uma série de 64 caracteres cujos X primeiros são zeros.

Uma função “hash” consiste numa função em que qualquer que seja o número de caracteres fornecidos é devolvido um resultado com um número de caracteres fixo e em que a mínima alteração dos dados fornecidos altera por completo o resultado. No caso da *bitcoin* é usada a função SHA-256 (Nakamoto, 2008)(ex:equação 3 e 4).

$$\begin{aligned} 3) \text{SHA256}(\text{Vasco}) &= 315ced61a3fa7999d06eb \\ &\quad a666500b402f510f29756 \\ &\quad 34d92532a0f210ad40fcfe \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{SHA256}(\text{vasco}) &= 6e10390574fe7533cfba4 \\ &\quad 38efa0484fec1656ead77 \\ &\quad 4ed324f84f943c53e9c1e6 \end{aligned}$$

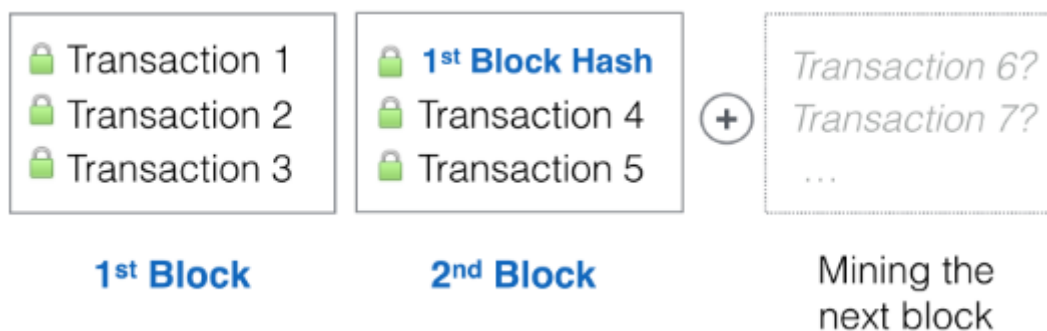


Figura 2.11- Blockchain
(Catalini et al., 2016)

A PoW é necessária para garantir uma *blockchain* correta. Nada impede um mineiro de adicionar um bloco com transações incorretas, para isso acontecer esse mineiro teria de continuar a adicionar blocos com base numa informação incorreta superando o ritmo do resto dos mineiros (Nakamoto, 2008). Ou seja, isso apenas era possível se o mineiro corrupto possuísse uma grande percentagem do poder computacional de todo o sistema. Assim, para um mineiro verificar qual a cadeia correta basta-lhe encontrar qual delas é a maior (Nakamoto, 2008).

Os potenciais usos da *blockchain* vão muito para além da bitcoin e de cryptomoedas. A implementação da nova tecnologia permite a troca de bens ser necessário uma figura central reconhecida pelos intermediários para aprovar transações (banco, notário, et cetera). Essa confirmação passa a ser feita por todos os elementos no sistema sem a necessidade de confiança, eliminando o risco de perda de dados ou de corrupção (Wright et al., 2015).

Segundo um relatório da consultora Deloitte (2016) o próximo passo na progressão da *blockchain* de um protocolo de transações para a sua utilidade em pleno é o desenvolvimento de “*smart contracts*”. Crosby et al. (2016) definem “*smart contract*” como programas de computador que conseguem executar os termos de um contrato automaticamente. No contexto da *blockchain*, *smart contracts* são rotinas armazenadas na *blockchain* com um endereço próprio. Essas rotinas são ativadas quando é enviada uma transação para o respetivo endereço (Christidis et al., 2016). Uma das formas possíveis de criar um *smart contract* é através da plataforma Ethereum. Assim como a bitcoin, o *ethereum* é uma *blockchain* pública com a vantagem de oferecer uma plataforma onde é possível construir e publicar aplicações descentralizadas. Buterin (2014), criador da plataforma, descreve-a com mais do que uma cryptomoeda:

“Ao invés de ser um protocolo com um pequeno espectro de aplicações como armazenamento de dados, de apostas ou financeiras. O *ethereum* é ilimitado desde a sua projeção e adequado para

servir de fundação a um grande número de protocolos, tanto financeiros como não financeiros.”

O ethereum oferece uma plataforma interativa onde é possível programar *smart contracts* de uma forma simples e rápida. No site da organização, ethereum.org, são referidos vários exemplos de aplicações dentro da plataforma assim como modelos de códigos já estabelecidos onde com pequenas alterações é possível criar um *smart contract* em poucos minutos. No anexo 1 é possível ver um desses exemplos. Numa campanha de angariação de fundo para o desenvolvimento de uma ideia ou de um projeto de negócio deixa de ser necessário a confiança num intermediário como a Kickstarter ou a Indiegogo. A angariação de fundos pode ser feita por meio de um contrato na *blockchain* onde os fundos ficam retidos por um tempo determinado. O criador do contrato estabelece um valor que pretende atingir e um tempo limite para os investimentos serem realizados. Caso esse valor seja atingido dentro do tempo estabelecido o dinheiro é transferido para a conta escolhida pelo criador do contrato, caso seja atingido o tempo limite estabelecido antes do valor objetivo o dinheiro é distribuído pelas mesmas contas que contribuíram para o projeto. Estas campanhas de angariação de fundos podem ser feitas por uma taxa muito pequena comparativamente aos 4-9% de organizações como a Kickstarter (Mitra, 2012).

No contexto da indústria 4.0, a *blockchain* oferece um número de soluções relacionadas com interações entre parceiros e empresas (B2B) e com a integração e comunicação entre máquinas (M2M) contribuindo para a implementação da *internet of things* (IoT) (Korpela et al., 2017). Num relatório da empresa IBM (2017) é referido que um dos grandes benefícios da *blockchain* é a sua imutabilidade, permitindo a consulta de dados de confiança seguros e disponíveis a todos os membros. Dentro de uma cadeia de distribuição digital a rastreabilidade dos produtos ou de matérias primas pode ser feita através da *blockchain*, garantindo a transparência do processo. Com a adoção da nova tecnologia é possível digitalizar objetos físicos e criar um registo de transações descentralizado e imutável desde a produção ao cliente final.

No relatório da consultora Deloitte (2017) é referido a título de exemplo uma empresa de logística que usa a *blockchain* para aumentar a transparência na cadeia de distribuição. A empresa referida, responsável pela distribuição de diamantes, usa a *blockchain* para criar uma nuvem onde as gemas são certificadas digitalmente. É criado um identificador digital baseado em 40 características de cada gema, como a cor ou a claridade, que é possível seguir desde a sua extração até ao cliente final. Desta forma são prevenidas falsificações de certificados, um problema recorrente, e o cliente é assegurado que a gema que compra teve uma extração eticamente correta.

O desenvolvimento de sistemas ciber-físicos e da comunicação M2M assim como a implementação da IoT aumenta a vulnerabilidade das organizações e consequente risco a ataques exteriores. Segundo Barki et al. (2016) estes ataques podem causar perdas financeiros ou até a

perda de vidas humanas. (Idem) acrescenta a comunicação M2M proporciona uma nova via de entrada no sistema onde os atacantes podem fazer-se passar por uma das máquinas inteligentes para recolher informação ou fornecer informação falsa aos servidores. Yin et al. (2017) evidencia que é possível resolver estas ameaças através da *blockchain*. Todos os elementos do sistema podem adquirir uma chave pública e uma chave privada como forma de comunicação e de acesso aos dados da organização. A gestão central da empresa pode escolher que máquinas recebem determinada informação armazenada na *blockchain* através de *smart contracts*. Também na IoT a forma de acesso dos objetos inteligentes pode ser feita pela *blockchain*. Christidis et al. (2016) referem como exemplo uma empresa que precisa de fazer uma atualização a um grande número de *smart objects* sem revelar essa informação ao público. A atualização pode ser publicada por via de um *smart contract* onde o seu autor estabelece que unidades terão acesso através das suas chaves públicas. A atualização pode ser acedida depois da confirmação de identidade pela chave privada.

Simulation

De acordo com Robert Shannon, citado por Ingalls (2001), simular consiste no processo de projetar um modelo de um sistema real onde são conduzidas experiências com o objetivo de perceber o comportamento do sistema ou avaliar diferentes estratégias. Gilchrist (2014) refere que anteriormente, se as fábricas de manufatura pretendessem testar um processo teriam de o fazer por tentativa e erro. Na indústria 4.0 é usada a virtualização de forma a criar um gêmeo digital (*digital twin*) que é usado na simulação e modelação do processo de produção. Parrot & Warshaw (2017) definem gêmeo digital como um perfil digital evolutivo, do histórico ou do corrente comportamento, de um processo/objeto físico que ajuda a otimizar a sua performance. O gêmeo digital é baseado em grandes quantidades de dados do objeto físico acompanhando o seu desgaste ou alterações durante o seu ciclo de vida (figura 2.12).

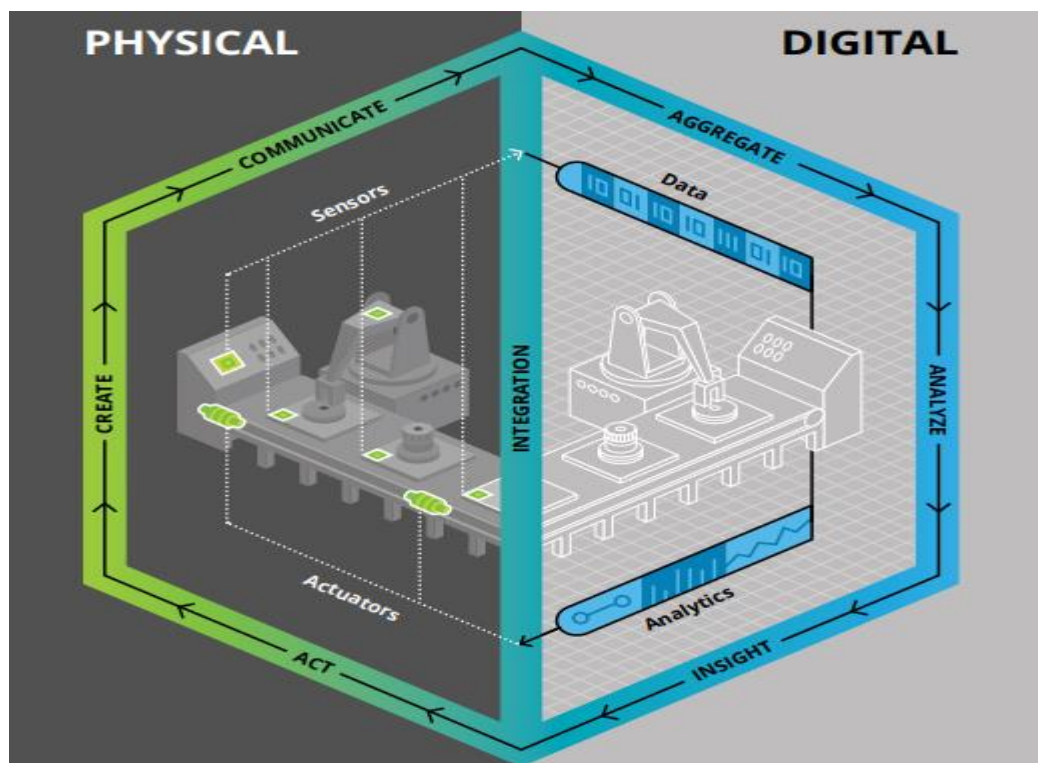


Figura 2.12- Processo de manufatura, modelo gêmeo digital
(Parrot & Warshaw 2017)

Embora já existam modelos de simulação de processo, com a implementação da *internet of things* passa a ser possível a transmissão de forma automática de grandes conjuntos de dados sobre o mundo físico para o mundo digital quase instantaneamente (near real-time) (Ansys, 2017). Os sistemas tradicionais de simulação exigem uma grande formação e conhecimento de linguagens de programação com resultados igualmente difíceis de compreender ao utilizador comum (Zhong & Shirinzadeh, 2005). Com o conceito de gêmeo digital é possível criar modelos de realidade virtual de um processo de produção completo e fácil de interagir. Rüßmann (2015) acrescenta que futuras simulações vão espelhar o mundo físico no mundo digital (figura 2.13), permitindo aos operadores testar e otimizar as definições das máquinas para o próximo produto em linha no mundo digital antes de as aplicar ao processo físico aumentando a qualidade e reduzindo tempos de *setup* até 80%.



Figura 2.13- Mundo físico (esq.), Mundo digital (dir.)
(Terkaj & Viganò 2017)

Com a ajuda de hardware é possível “entrar” no mundo virtual e interagir com os seus elementos (Wyk, 2009). Os operadores passam a poder receber formação e treino sem ser necessária a utilização do modelo físico. Consoante os dados recolhidos pelo objeto físico, passa a ser possível a identificação da origem de problemas no modelo digital sem desmontar o modelo físico poupando tempo na reparação. Num exemplo publicado pela a empresa Ansys (2017) é apresentada uma bomba de água com o seu gêmeo digital. Numa demonstração é forçada uma anomalia onde os sensores da bomba apresentam uma diminuição da pressão e um aumento do ruído da bomba. Esses dados foram transmitidos para o gêmeo digital que rapidamente apresentou o mesmo comportamento. Com o gêmeo digital foi possível visualizar o interior da bomba (figura 2.14) identificando o problema (cavitação) e testar diferentes cenários de operação transpondo o melhor para o mundo físico sem ter sido necessária a desmontagem.

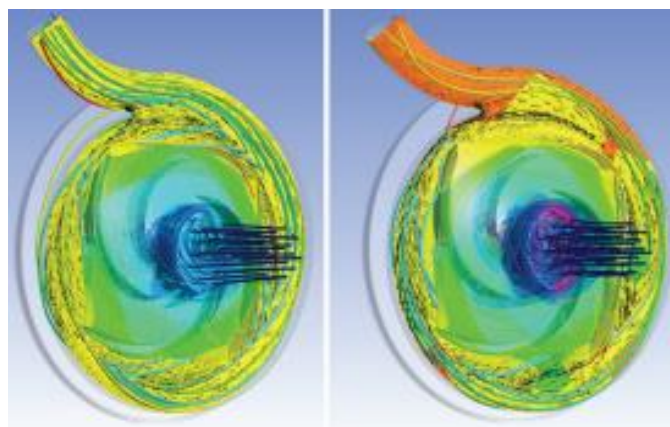


Figura 2.14- Bomba em funcionamento normal (esq.), Bomba em cavitação (dir.)
(Ansys 2017)

Realidade aumentada

A realidade aumentada permite o suporte de tarefas no mundo físico com indicações do mundo virtual. Dangelmaier et al. (2005) descrevem a tecnologia como uma nova forma de interação homem-máquina. Gorecky et al. (2014) acrescenta que a realidade aumentada representa o aumento da percepção humana proporcionado por elementos computacionais pelo uso de objetos virtuais. Através da realidade aumentada a informação relevante pode ser adicionada diretamente no campo de visão de um operador pelo uso de plataformas móveis como *smartphones*, *tablets* ou *smartglasses* (figura 2.15). Essa informação depende da localização e do contexto do objeto físico. A localização é determinada por sistemas de referência que associam o mundo virtual ao mundo físico (ex: luz infravermelha, GPS) (Dangelmaier et al., 2005). Segundo Syberfeldt et al. (2017) a inclusão destas plataformas móveis no equipamento dos operadores possibilita o fornecimento da informação necessária de forma automática, no tempo e espaço certo, para realizar determinada tarefa eficientemente. Para Mariani et al (2017) a realidade aumentada consiste fundamentalmente na cooperação entre homem e máquina para atingir objetivos que nenhum dos dois conseguiria sozinho, esta parceria pode ser um dos fatores de sucesso das organizações no século XXI.

A realidade aumentada tem um grande espectro de aplicações em vários setores como o comércio, o setor militar ou jogos eletrônicos. De acordo com Dacko (2017) a proximidade entre o cliente e as organizações pode ser reduzida através do uso de aplicações móveis de realidade aumentada aumentando a oferta de valor. Segundo Pantano & Naccarato (2010) citados por Dacko (2017), o valor recolhido pela criação destas aplicações é feito de três formas: o aumento da velocidade de recolha de informação sobre o comportamento do cliente, a melhoria do serviço no ponto de venda e a influência positiva na experiência de compra do consumidor.



Figura 2.15- Concetualização da vista de realidade aumentada do operador (Mariani et al., 2017)

A empresa Ikea, líder no mercado mobiliário, oferece uma destas aplicações. A empresa disponibiliza de forma gratuita para download a aplicação IKEA Place que ajuda o cliente na escolha das suas compras. Depois de feito o download e definir uma referência o utilizador pode escolher os produtos do catálogo e visualizar como se enquadram na sua casa. A empresa permite assim uma nova forma de interação com o cliente distanciando-se dos seus competidores. Para além do valor oferecido ao cliente, que passa a poder visualizar a mobília a três dimensões, a empresa dispõe de uma nova via de recolha de informação sobre tendências de mercado e comportamento do cliente.

A manufatura é um dos setores mais promissores onde a realidade aumentada pode melhorar as atividades realizadas como a montagem, o treino ou manutenção (Ong et al., 2008). O investimento na tecnologia já começou a ser feito tendo recebido cada vez mais atenção. Segundo Cook & Jones (2018) em 2017 foram gastos em produtos e serviços de realidade virtual e aumentada 9,1 mil milhões de dólares com um valor previsto para 2021 de 160 mil milhões evidenciando o crescente interesse na tecnologia.

De acordo com Regenbrecht (2016) existem três forças que conduzem a introdução de uma nova tecnologia no contexto industrial: a redução do custo, o aumento da velocidade de processos e o aumento da qualidade. O autor aponta a realidade aumentada como candidata ideal em qualquer dos contextos. Num posto de uma linha de montagem o uso de dispositivos de realidade aumentada elimina a necessidade de manuais de montagem ou de instruções que passam a ser transmitidas diretamente para o campo de visão do operador. Desta forma é reduzido o tempo de formação dos operadores, o tempo de operações e a quantidade de erros por distração. Kaiser & Schatsky (2017) referem como exemplo a empresa Boeing que reduziu o tempo de instalações elétricas em 25% depois de substituir os manuais de montagem por *smart glasses*. Em caso de avaria a assistência técnica pode ser feita sem a deslocação ao local. Através do dispositivo de realidade aumentada o especialista recebe a informação da situação via vídeo e fornece a solução por áudio com indicações visuais no campo de visão do utilizador (Henderson et al., 2011). A introdução ou alteração de um novo equipamento na linha pode ser testada sem efetuar medições com a projeção do equipamento através de um dispositivo reduzindo o tempo de paragem da fábrica e o custo na substituição (Doil et al, 2003). Pace et al. (2018) acrescentam a realidade aumentada pode ser também usada na segurança dos operadores indicando-lhes situações de risco. No caso da colaboração entre operadores e máquinas ou robots as situações de risco podem ser mitigadas. Através dos dispositivos de realidade aumentada a máquina ou robot pode indicar ao operador os seus próximos movimentos de forma a evitar acidentes permitindo uma maior colaboração homem-máquina.

Manufatura aditiva

A manufatura aditiva, mais conhecida como impressão 3D, consiste na criação de produtos pela adição de materiais (normalmente camada por camada). A manufatura aditiva começa tradicionalmente pela criação de um modelo tridimensional com software CAD normalmente gravado em formato STL. Essa representação digital é posteriormente dividida em camadas individuais que são transferidas para uma impressora. A impressora, ou dispositivo de manufatura aditiva, cria o objeto dispondo as camadas estratificadas até o objeto físico estar criado. Depois de criado o objeto podem ser necessárias operações de acabamento (ex: pintura, polimento, et cetera) (Cotteleer et al., 2013). De acordo com (Rüßmann et al., 2015), com o desenvolvimento da indústria 4.0, a manufatura aditiva será amplamente utilizada para produzir lotes de pequenas quantidades de produtos customizados reduzindo quantidades de stock e as distâncias de transporte.

Petrovic et al., (2011) identificam 5 grandes vantagens da manufatura aditiva no contexto industrial em relação aos processos tradicionais:

- A redução do tempo de introdução do produto no mercado
- A customização individual
- A redução de desperdício de matéria prima
- A dispensa de ferramentas, moldes ou maquinaria
- Elevada densidade
- Criação de objetos de elevada complexidade

Uma das primeiras aplicações e objetivos da manufatura aditiva foi a rápida construção de protótipos. Também referida como prototipagem rápida, a tecnologia ajuda projetistas a testar e apresentar as suas ideias. Com o uso da manufatura aditiva para a criação de protótipos é possível reduzir o tempo e o custo substancialmente, facilitando a interação humana e consequentemente, reduzindo o tempo de ciclo de desenvolvimento de produtos (Wong & Hernandez, 2012).

A manufatura aditiva pode também substituir a necessidade de encomendas e de armazenamento de parte suplentes. Caso exista uma avaria provocada por desgaste ou quebra de um componente de uma máquina, esse componente pode ser imprimido no local com um *setup* extremamente reduzido, eliminando o custo associado ao seu transporte e de armazenamento (Ryan & Eysers, 2017).

2.3 Pequenas e médias empresas

As pequenas e médias empresas (PME) são empresas com características próprias identificadas pelo seu tamanho ou volume de negócio. Desta forma a definição de PME pode variar de acordo com o país ou contexto económico em que se encontra. O governo dos Estados Unidos da América define PME como uma empresa que emprega menos de 500 trabalhadores, sem considerar empresas agrícolas ou de serviços de exportação (Hammer et al., 2010). A comissão europeia (2006) considera uma PME qualquer empresa com menos de 250 trabalhadores e com um volume de negócio anual inferior ou igual a 50 milhões de euros ou um balanço total anual inferior ou igual a 43 milhões de euros. Com base nos mesmos critérios a comissão europeia divide PME em média, pequena ou microempresa (figura 2.16).

Categoria da empresa	Efetivos: unidade de trabalho ano (UTA)	Volume de negócios anual	Balanço total anual
Médias empresas	< 250	≤ 50 milhões de euros	≤ 43 milhões de euros
Pequenas empresas	< 50	≤ 10 milhões de euros	≤ 10 milhões de euros
Microempresas	< 10	≤ 2 milhões de euros	≤ 2 milhões de euros

Figura 2.16- Critério de definição de categoria de empresa na União Europeia (Comissão Europeia 2006)

Apesar de apresentarem definições diferentes, ambas as organizações reconhecem a importância das SME tanto nas suas economias como a nível mundial. O website da comissão europeia refere que as PME representam mais de 99% de todas as empresas na união. No relatório anual de 2016/2017 de PME (2017) a organização acrescenta que durante o mesmo período as PME empregaram cerca de 67 % dos trabalhadores dos 28 estados gerando 57 % do valor acrescentado, não considerando o setor financeiro. No caso dos EUA as PME contribuíram com cerca de 50 % do produto interno bruto do país, não considerando empresas agrícolas, gerando mais de 63 % do emprego entre 1992 e 2009 (Hammer et al., 2010). As PME são consideradas por ambas as organizações o pilar central das suas economias, (European Commission, 2017; Hammer et al., 2010) sublinhando a influência das PME tanto para a estabilidade das suas organizações como para a economia mundial.

3 Concetualização da ferramenta

3.1 Introdução

Com o aumento da competitividade proporcionado pelos avanços tecnológicos e pela implementação de sistemas ciber-físicos na manufatura torna-se fundamental a evolução das empresas neste sentido de forma a aumentarem as suas propostas de valor garantindo um lugar na nova revolução industrial.

Embora a implementação da indústria 4.0 já seja uma realidade em várias grandes empresas de manufatura existe alguma inércia por parte das pequenas e médias empresas (PMEs) em acompanhar este desenvolvimento. Sem a capacidade de investimento das grandes empresas de manufatura mundiais as PME não conseguem mudar radicalmente o seu modelo de negócio ou forma de produção acompanhando empresas com dezenas de milhões de euros investidos em inovação. Segundo Schr & Bonn (2016), existe uma relação significativa entre o tamanho de uma empresa e a fase em que se encontra na sua transição para a indústria 4.0. As empresas de maior dimensão estão substancialmente mais avançadas na integração de componentes da indústria 4.0 em relação as PME. Gilchrist (2014) citado por Ghobakhloo (2018) acrescenta que a transição para a indústria 4.0 não assenta apenas na capacidade de inovação das empresas mas também na capacidade de desenvolvimento de novas estratégias e modelo de organização, na capacidade de alterações na infraestrutura física, de operações de manufatura e de recursos humanos. Este conjunto de alterações pode parecer intimidante e levar as PME a evitar acompanhar o desenvolvimento de indústria com receio do risco associado ao investimento e a falta de capacidade financeira de implementar todos os componentes tecnológicos inerentes a revolução. Contudo, a estagnação ditará o fim de uma empresa independentemente da sua dimensão, e se não existir inovação e adoção do desenvolvimento tecnológico a forma como o seu modelo de negócio captura ou cria valor será rapidamente ultrapassada tornando-se obsoleta.

Desta forma, neste capítulo é proposta a concetualização de uma ferramenta de apoio à decisão para a implementação de componentes da indústria 4.0 em PME de manufatura.

3.2 Ferramenta Proposta

A indústria 4.0 é composta por vários componentes e tecnologias que no seu conjunto vão alterar drasticamente o processo de manufatura. A interação entre os vários componentes da indústria 4.0 irá criar fábricas inteligentes com maior produtividade e capacidade de adaptação do que as fábricas de manufatura tradicionais. A quarta revolução industrial já é uma realidade e as empresas que não adaptarem o seu modelo de negócio serão substituídas por organizações com maior capacidade de resposta às necessidades do mercado. Contudo, e apesar de existirem sinergias entre os vários componentes da indústria 4.0, esta transformação não tem necessariamente de ser feita como um acontecimento singular. Cada um dos componentes da indústria 4.0 tem a capacidade individual para gerar ou captar valor consoante o contexto em que é utilizado. Desta forma o caminho para a adaptação de um modelo de negócio para a indústria do futuro pode ser feito através de um processo contínuo onde a capacidade de gerar ou capturar valor é aumentada progressivamente pela introdução individual de componentes da indústria 4.0. Para esta transição ser uma realidade é necessário definir uma estratégia de abordagem a longo prazo onde uma organização possa estar em constante evolução ao mesmo tempo em que continua a satisfazer as necessidades do mercado. Esta estratégia deve ter em conta todas as partes interessadas, tanto clientes como fornecedores e colaboradores da empresa devem ser considerados na elaboração da estratégia assegurando que as inovações implementadas são compatíveis com sistemas eventualmente já existentes.

A ferramenta apresentada (Figura 3.1) é composta por 6 fases: fase zero, avaliação, identificação de oportunidades, seleção, teste e implementação sendo o objetivo a utilização de forma constante facilitando a transição de PME de manufatura para a indústria 4.0.

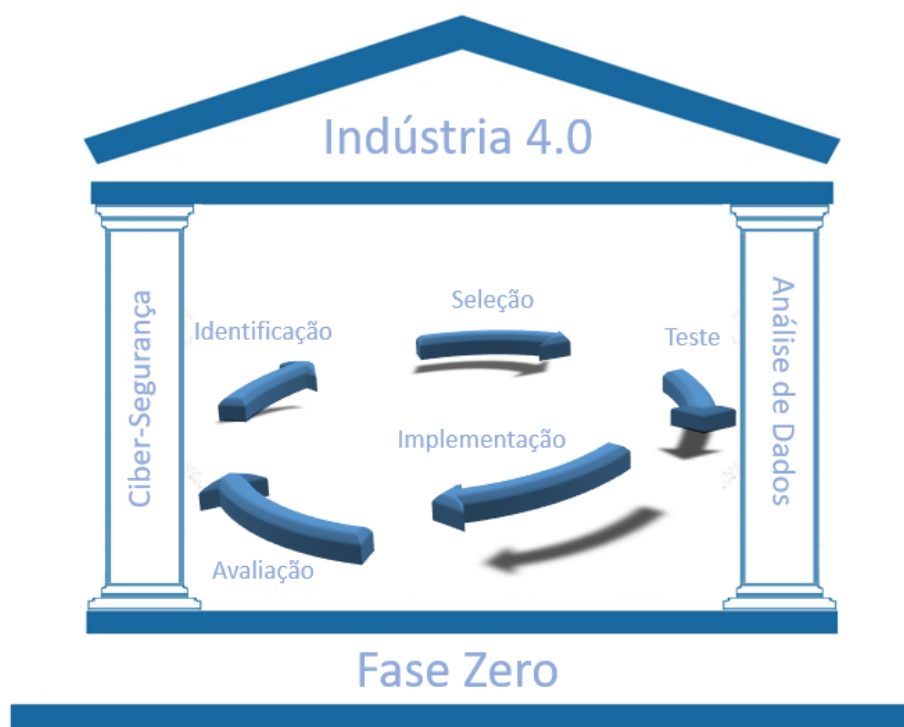


Figura 3.1- Concetualização da ferramenta

Um dos principais pilares da indústria 4.0, referidos recorrentemente pela literatura revista, assenta na capacidade de recolha de dados e na sua análise assim como a integração de sistemas. A conectividade entre componentes e departamentos facilitará a comunicação e a avaliação do estado de uma organização. Desta forma a primeira fase desta ferramenta, fase zero, consiste na projeção ou avaliação de um sistema de recolha e análise de dados com escalabilidade para suportar o desenvolvimento progressivo da empresa e da quantidade de informação recolhida. Os sistemas de informação das empresas não devem apenas conseguir lidar com a quantidade de informação presente, mas estarem preparados para o aumento da recolha de dados e respetiva análise sem por em causa a sua estabilidade. Sendo que os sistemas ciber-físicos são uma das principais causas desta revolução (Henning et al., 2013), os sistemas de gestão de dados das empresas têm de conseguir acompanhar o desenvolvimento sem que seja necessário a sua revisão completa. Desta forma, a implementação destes sistemas deve ter em conta os requisitos da IoT referidos por Borgia (2014) e apresentados no capítulo 2: heterogeneidade, escalabilidade, minimização de custos, automação, flexibilidade, qualidade do serviço e um ambiente seguro. Apesar de alguns destes requisitos poderem não fazer sentido durante a fase de implementação, a sua consideração durante a escolha de hardware e software ou contratação de serviços irá garantir que as empresas se encontram preparadas para alterar o seu modelo de negócio de forma a responder a novas exigências do mercado.

Um dos requisitos mais subvalorizados por parte das empresas de manufatura é o ambiente seguro. Relativamente à cibersegurança “*as empresas de manufatura de forma geral não se consideram em situação de risco*” (Davis, 2017). Com o desenvolvimento da digitalização as vias de entrada a ameaças ao sistema tendem a aumentar e a falta de proteção contra essas ameaças pode ser um erro crasso. Como visto anteriormente um ataque informático pode provocar sérios problemas numa empresa, tanto em termos financeiros como até por em causa a segurança de trabalhadores. Assim, a cibersegurança deve ser contemplada desde da primeira projeção de qualquer sistema informático. Não existindo uma solução única, as soluções de proteção de sistemas informáticos têm de ser feitas de forma contínua, com capacidade de adaptação para responder a um número crescente de diferentes ameaças.

As seguintes fases da ferramenta devem ser usadas de forma repetitiva de maneira a que as empresas mantenham um ritmo constante, tanto em termos de inovação e integração de componentes da indústria 4.0 como de desenvolvimento de novas formas de criar ou capturar valor. As 5 fases cíclicas do modelo são a avaliação, a identificação, a seleção o teste e a implementação que serão descritas detalhadamente no seguinte subcapítulo.

3.3 Fases cíclicas da ferramenta

3.3.1 Avaliação

A avaliação, a primeira fase cíclica, corresponde à avaliação do estado em que se encontra a empresa tanto a nível da sua integração de componentes da indústria 4.0 como da forma que o seu modelo de negócio cria ou captura valor.

De forma a conseguirem inovar as empresas têm de ter um ponto de partida. Devem conhecer detalhadamente o seu modelo de negócio, como é que o valor é criado, quais são as atividades que fornecem mais valor e que componentes das suas ofertas os clientes mais valorizam. Para isso pode ser usada a ferramenta “*Business model canvas*” (Figura 3.2), elaborada por Osterwalder & Pigneur (2010), que é utilizada para facilitar tanto a avaliação como a projeção ou adaptação de modelos de negócio. Como visto anteriormente o BMC está dividido em 9 blocos: segmentos de clientes, proposta de valor, canais, relação com o cliente, fontes de receita, recursos chave, atividades chave, parcerias chave e estrutura de custo.

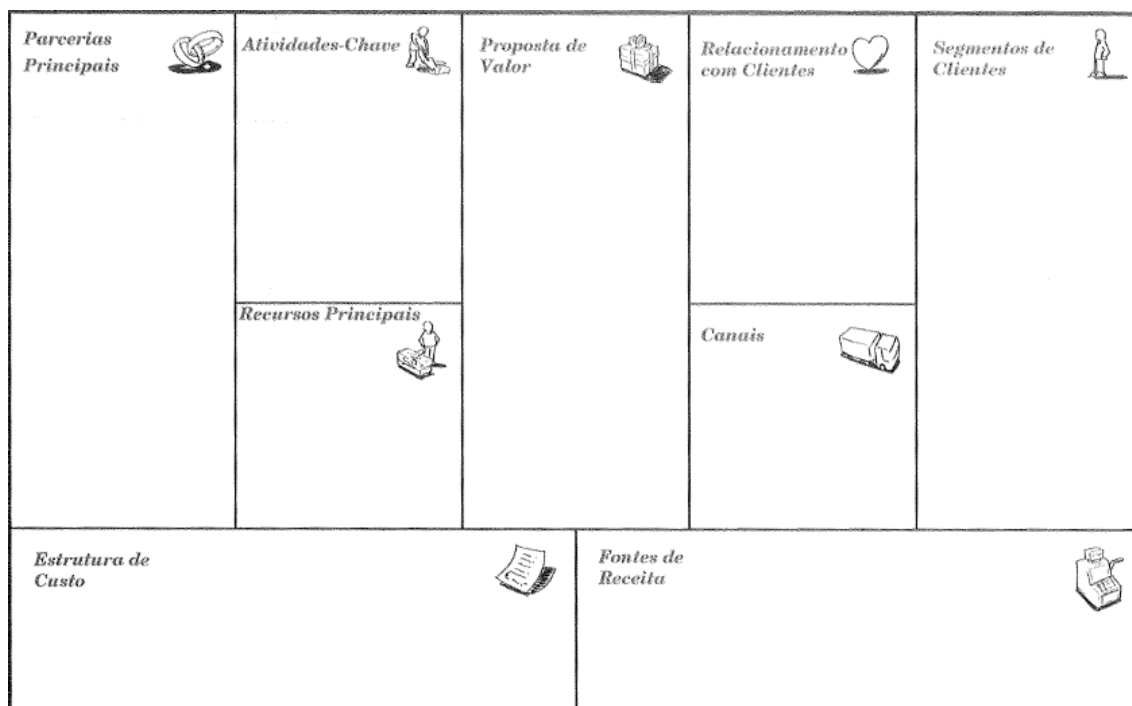


Figura 3.1- Business model canvas
(Osterwalder & Pigneur 2010)

O primeiro bloco a ser analisado deve ser o de segmentos de clientes. O preenchimento deste bloco deve responder às perguntas: “para quem está a empresa a criar valor?” e “quem são os clientes mais importantes” (Idem). Para além disso a empresa tem de avaliar os seus clientes, como se caracterizam, se apenas produz para um segmento específico de clientes ou vários. Manyika et al. (2011) apontam a recolha e análise de dados como um ponto de viragem no estudo sobre os clientes. Com a introdução de componentes da indústria 4.0 como *smart objects* ou a IoT, esta recolha de informação será feita de uma forma muito mais rápida comparativamente com os sistemas tradicionais, permitindo às empresas estudarem os seus clientes com base em dados recolhidos recentemente.

Segue-se o preenchimento do bloco da proposta de valor, após a identificação e caracterização dos clientes tem de ser identificado o valor acrescentado da perspetiva do cliente. Que valor é criado e mais valorizado pelo cliente, qual a solução apresentada valorizada pelo cliente e que produtos estão direcionados a segmentos específicos. Segundo Osterwalder & Pigneur (2010) a proposta de valor é a razão pela qual o cliente escolhe determinada empresa. Os dados recolhidos pela IoT podem também ser usados na identificação de mais valias para o cliente. Com a recolha de informação pós-venda fornecida pelo cliente passa a ser possível a identificação de necessidades de forma instantânea permitindo às empresas a adaptação dos seus produtos mais rapidamente.

O terceiro bloco a ser preenchido é de os canais, de comunicação distribuição ou venda, compõem a forma como a empresa fornece a sua proposta de valor aos seus clientes. Tradicionalmente as empresas de manufatura dependem de distribuidores e não possuem muito contacto com o cliente final. Com o desenvolvimento da indústria 4.0 a proximidade com o cliente final pode ser reduzida. Neste bloco é também apurado qual o nível de integração desses canais e quais deles funcionam de forma mais eficaz. A integração de sistemas irá facilitar a identificação e avaliação destes canais, permitindo saber a localização de cada produto, os níveis reais de *stock* de matérias primas e de produto e os seus tempos de fornecimento.

No bloco da relação com o cliente deve ser especificado que tipo de relação a empresa tenciona ter com cada um dos segmentos de clientes. Que relações já existem e como mantê-las. Com a implementação de componentes da indústria 4.0 estas relações tendem a ser cada vez mais próximas permitindo serviços pós-venda garantindo a manutenção do cliente. Estas relações não existem sem custos que podem ser mitigados com a digitalização da empresa.

No quinto bloco, as fontes de receita, é identificado qual o valor que o cliente está disposto a pagar pelo produto. Como é feito o pagamento e qual a contribuição de cada fonte para a receita global. A digitalização permite também aumentar as formas de pagamentos dos clientes assim como a velocidade de transações.

O bloco dos recursos chave deve identificar quais os recursos fundamentais para o funcionamento do modelo de negócio. Estes recursos podem ser físicos, de carácter intelectual, humanos ou financeiros. Os recursos chave devem estar identificados em relação à atividade que suportam diretamente. Com a implementação de componentes da indústria 4.0 o funcionamento normal de recursos chave pode ser afetado, comprometendo toda a produção. De forma a evitar paragens ou atrasos de produção deve ser feito um plano de implementação de cada componente.

O preenchimento do bloco das atividades chave deve ser feito com as atividades indispensáveis ao funcionamento do modelo de negócio. No contexto da indústria 4.0 a análise de dados e a cibersegurança irão sempre fazer parte destas atividades. Não basta a sua contemplação referida na primeira fase desta ferramenta. Estes dois componentes devem ser desenvolvidos e acompanhados constantemente reduzindo o risco de ataques informáticos e garantindo a correta análise dos dados recolhidos. Assim como os recursos chave, qualquer alteração no funcionamento das atividades chave terá repercussões na criação de valor da empresa.

As parcerias chave são compostas pelos parceiros de negócio e fornecedores. Estas parcerias podem também ser estabelecidas com concorrentes. Pela digitalização, rastreabilidade e passagem de venda de produtos para venda de serviços estas parcerias tendem a ficar mais fortes, aumentando a confiança entre parceiros e a possibilidade de desenvolvimento de novos modelos de negócio.

O último bloco a ser preenchido é o da estrutura de custo. Composto pelos custos mais importantes no funcionamento do modelo de negócio. Devem ser identificados que custos estão associados aos recursos chave e as atividades chave assim como qual a sua representação em relação aos custos totais.

O sucessivo preenchimento do BMC permitirá as empresas monitorizar o impacto e o desenvolvimento do seu modelo de negócio provocado pela integração de componentes da indústria 4.0. A primeira fase cíclica do modelo é talvez a mais importante, pois o seu desenvolvimento correto facilitará a execução das seguintes 4 fases.

3.3.2 Identificação

Após a avaliação do modelo de negócio da empresa deve ser feita a identificação de componentes da indústria 4.0 a considerar. Com os resultados obtidos pelo preenchimento do BMC é possível seleccionar que componentes devem ser considerados. Para isso tem de existir conhecimento dentro da empresa das possibilidades oferecidas por cada um dos componentes, qual o valor acrescentado proporcionado pela implementação e que custos estão envolvidos. Esta identificação deve ter em conta a estratégia global da empresa garantido que não existem conflitos na eventual implementação.

A tabela 3.2 apresenta uma sugestão de componentes a considerar consoante quatro formas de conduzir a transformação digital na manufatura apresentadas por Ibarra et al. (2018). A forma de abordagem pode ser alterada a cada ciclo que o modelo é utilizado, sendo que a ordem apresentada é apenas sugestiva.

Tabela 3.2 - Componentes a considerar
Adaptada de Ibarra et al. (2018)

Forma de abordagem	Valor acrescentado	Componentes a considerar	
Otimização de processos	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da eficiência de produção • Integração de processos • Diversificação da oferta 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação M2M • Manufatura aditiva • Análise de dados 	<ul style="list-style-type: none"> • Robots • IoT • Simulação
Relação com o cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Segmentação de clientes • Proximidade com o cliente • Serviços pós-venda 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados • Realidade aumentada • Realidade virtual 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT
Parcerias	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos • Redução de stocks 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados • Realidade aumentada • Realidade virtual 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT
Novo modelo de negócio	<ul style="list-style-type: none"> • Venda de serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados • IoT 	

Elaborada a partir do modelo de Ibarra et al. (2018) a tabela encontra-se dividida em 3 colunas identificando a forma de abordagem, a forma como o valor pode ser capturado ou criado e os principais componentes a considerar. Segundo Ibarra et al. (2018) existem 4 formas de abordagem para a transição, considerando a otimização de processos como o primeiro passo para as empresas de manufatura tradicionais no caminho para a indústria 4.0 seguido da relação com o cliente, parcerias e criação de novos modelos de negócio. Contudo todas as empresas são diferentes e a abordagem à inovação e ao desenvolvimento deve ser adaptada a cada caso.

3.3.3 Seleção

Depois de terem sido identificados os elementos a considerar a empresa pode escolher quais deles irá testar. Sendo que não existem duas empresas iguais e, no caso de PME, a inovação pode depender muito da oportunidade e do contexto de cada empresa (Edwards, 2006) não é possível definir um modelo padrão de abordagem com a escolha de componentes e a sua ordem de integração.

A seleção deve ser feita tendo em conta o impacto provocado por cada um dos componentes identificados anteriormente. Deve ser calculado o custo associado à implementação de cada componente, qual o retorno financeiro que a empresa espera obter pela implementação, a redução de custos associados à implementação e o tempo necessário para a empresa recuperar o investimento.

As parcerias existentes também têm influência na decisão. A implementação de componentes pode ser feita em conjunto com parceiros de negócio. Uma parceria de implementação de determinado componente pode permitir à empresa a consideração de cenários que anteriormente não eram possíveis de acordo com a sua capacidade de investimento (ex. descontos de quantidade de sensores).

Dado que o valor acrescentado por dois componentes pode ser maior do que a mera soma individual a seleção de componentes deve ter em conta as interações com os componentes restantes. A seleção de dois componentes pode não fazer sentido individualmente no contexto da empresa enquanto a sua implementação conjunta permita rentabilizar o investimento.

3.3.4 Teste

Antes da implementação de componentes devem ser efetuados pequenos testes, quando possível, de forma a confirmar os resultados obtidos anteriormente. Tanto a nível de software como *hardware* os produtos podem ser testados antes da compra garantindo as funcionalidades e a compatibilidade com produtos existentes.

No caso de componentes físicos como (ex: robot) existem empresas como a OTTO Motor's que oferecem a possibilidade de experimentar equipamento industrial antes da compra. Outra opção pode passar pelo aluguer durante a fase de teste, desta forma a empresa pode assegurar o normal funcionamento dos equipamentos e calcular rendimentos com base em dados reais sem fazer aquisição de equipamentos. É assim permitido à empresa a confirmação dos resultados anteriores garantindo a rentabilidade dos investimentos sem compromissos financeiros.

A criação de novos modelos de negócio pode também ser testada antes da sua implementação. No caso do fornecimento de serviços ou da customização em massa as PME podem começar a desenvolver as novas formas de criação de valor numa escala reduzida com pequenos grupos de segmentos de clientes. Desta forma a empresa garante confirmação de valor acrescentado sem comprometer a sua estabilidade financeira.

3.3.5 Implementação

Depois dos testes realizados e da confirmação de valor acrescentado pela introdução de novos componentes as empresas podem finalmente iniciar a implementação das inovações.

A implementação de componentes depende do contexto e da oportunidade de cada empresa da mesma forma que a identificação de componentes na segunda fase cíclica. Dependendo do tamanho ou capacidade de investimento cada empresa pode escolher uma forma de implementação própria.

A empresa pode optar por fazer a implementação de um componente em toda a fábrica ou todo o processo de fabrico ou optar por fazer essa implementação faseada até atingir o nível objetivado. A segunda opção permite as empresas diminuírem o risco associado à implementação. A implementação pode ser feita apenas em pequenas partes da fábrica aumentadas progressivamente consoante os resultados e os fundos disponíveis.

O aumento progressivo da proposta de valor de uma organização irá garantir o seu futuro sem por em causa a sua estabilidade financeira e facilitando a adaptação dos recursos humanos à nova forma de criar ou capturar valor.

4 Conclusão

4.1 Conclusões

Depois de feita a revisão da literatura sobre o conceito de modelos de negócio é possível concluir que não existe uma definição comum na comunidade científica acerca do termo “modelo de negócio”. Cada autor adapta definições existentes à sua perspectiva ou ao contexto da sua área. Desta forma, e dentro do contexto desta dissertação, conclui-se que modelo de negócio consiste no conjunto de todas as atividades de um processo ou de uma organização que geram ou capturam valor para os seus clientes ou partes interessadas. A identificação destas atividades facilita o desenvolvimento das organizações e da competitividade das mesmas.

A indústria 4.0 não é um conceito único, mas um grupo de tecnologias e componentes que no seu conjunto já estão a transformar a indústria e a provocar uma revolução. Este conjunto permite a criação de processos de manufatura com maior capacidade de resposta às variações nas tendências de mercado diminuindo o tempo de resposta às necessidades dos clientes. Essas necessidades dos clientes são agora identificadas mais facilmente graças ao aumento da informação proporcionado pela recolha de dados. Desta forma o ponto de partida para a digitalização de uma organização deve passar pela capacidade de escalabilidade dos sistemas e da sua segurança, cada vez mais ameaçada por diferentes pontos de entrada de ataques informáticos ou roubo de informação.

Os vários componentes da indústria 4.0, apesar de se complementarem, não é necessária a sua implementação conjunta para aumentar a proposta de valor. Cada componente tem o potencial individual de criar ou capturar valor para uma organização conforme o contexto em que é aplicado. Assim, as organizações, e especialmente as pequenas e médias empresas com menor capacidade de investimento, podem optar por definir uma estratégia faseada em que a implementação de componentes da indústria 4.0 é feita de forma progressiva sem necessidade da alteração completa do processo de produção.

O desenvolvimento da indústria 4.0 já está a criar novos modelos de negócio com formas de capturar ou criar valor mais eficientes que os sistemas tradicionais. As organizações que não embarcaram nesta revolução irão testemunhar os seus clientes a optarem por empresas com melhor oferta e maior capacidade de resposta às necessidades existentes, correndo o risco de perderem o seu lugar no mercado.

4.2 Limitações do estudo

A principal limitação da dissertação está associada ao facto de a ferramenta proposta não ter sido utilizado numa organização num caso concreto. Assim, não foi possível confirmar a utilidade da ferramenta num contexto real demonstrando um dos grandes objetivos iniciais, a concetualização de uma ferramenta que possa ser usado por pequenas e médias empresas de manufatura como suporte para a transformação digital no caminho para a indústria 4.0.

Outra limitação detetada na elaboração da dissertação foi o grande número de artigos existentes na língua Alemã, estranha ao autor, durante a revisão da literatura da indústria 4.0 com potenciais contribuições para a elaboração do segundo capítulo e da ferramenta apresentada.

4.3 Pistas para investigação futura

Em investigação futura a ferramenta proposta pode ser aplicada num caso real identificando as vantagens e desvantagens da sua utilização. Qual o seu impacto numa organização e que alterações devem ser feitas de forma a proporcionar um melhor apoio à decisão de componentes da indústria 4.0 a implementar.

Posteriormente a ferramenta poderá ser adaptada de forma a proporcionar a identificação de componentes em indústrias específicas da manufatura. Caso venha a ser implementada num contexto prático será possível identificar a impacto de cada componente e possivelmente definir prioridades na sua ordem de implementação.

Bibliografia

- Afuah, A., & Tucci, C. L. (2001), Internet business models and strategies: Text and cases. *McGraw-Hill*.
- Ahmed, E., Yaqoob, I., Hashem, I., Khan, I., Ahmed, A., Imran, M., & Vasilakos, A. (2017). The role of big data analytics in internet of things. *Computer Networks*, 129, 459–471.
<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.06.013>
- Ahmed, S. (2016). The six forces driving the internet of things. *Digital revolution summit*. Acedido a 27 de Abril de 2018 disponivel em: <https://www.pwc.com/gx/en/technology/pdf/six-forces-driving-iot.pdf>
- Ali, A. (2012). Comparison study between IPV4 & IPV6. *International Journal of Computer Science Issues*, 9(3), 314–317.
- Amit, R., & Zott, C. (2001), Value creation in e-business. *Strategic Management Journal*, 22, 493-520.
- Ansys. (2017). How simulation-based digital twins and the industrial internet of things can improve product and process performance, 1–4. Acedido a 15 de Maio de 2018 em: <http://www.figes.com.tr/ansys/wp-simulation-based-digital-twin-and-industrial-iot.pdf>
- Ashton, K. (2010). That ' internet of things ' thing, 4986. Acedido a 17 de Maio de 2018 em: <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>
- Barki, A., Bouabdallah, A., Gharout, S., & Traoré, J. (2016). M2M Security : Challenges and solutions, *Ieee communications*. 18(2), 1241–1254.
- Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Monostori, L., & Ka, B. (2016). Manufacturing technology cyber-physical systems in manufacturing, *CIRP Annals* 65, 621–641.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>
- Baur, C., & Wee, D. (2015). Manufacturing ' s next act. *McKinsey&Company*, (June), 12–15. Acedido a 23 de Junho de 2018 em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>
- Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. (2015). Bitcoin: economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213–238.
<https://doi.org/10.1257/jep.29.2.213>
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: key features, applications and open issues. *Computer communications*, 54, 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>
- Boyd, D., & Crawford, K. (2012). Critical questions for big data: Provocations for a cultural, technological, and scholarly phenomenon. *Information communication and society*, 15(5), 662–679.
<https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.678878>
- Bradley, R. Blockchain explained... in under 100 words | Strategy & amp; Operations | Deloitte Switzerland. Acedido a 6 de Agosto de 2018 em: www2.deloitte.com/ch/en/pages/strategy-operations/articles/blockchain-explained.html
- Bunse, B., Kagermann, H., & Wahlster, W. (2014). Smart manufacturing for the future. *Germany trade & invest*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9>
- Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *Etherum*, 1–36. <https://doi.org/10.5663/aps.v1i1.10138>
- Catalini, C., & Gans, J. S. (2016). Some Simple Economics of the Blockchain. *Ssrn*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2874598>

- Chesbrough, H. (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and corporate change*, 11(3), 529–555. <https://doi.org/10.1093/icc/11.3.529>
- Chesbrough, H., Ahern, S., Finn, M. & Guerraz, S. (2006), Business models for technology in the developing world: the role of non-governmental organizations. *California management review*, 48, 48-61.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things, *Ieee*. 10.1109/ACCESS.2016.2566339
- Chuah, J. W. (2014). The Internet of Things: an overview and new perspectives in systems design. *International symposium on integrated circuits (ISIC)*, 216–219. <https://doi.org/10.1109/ISICIR.2014.7029576>
- Chui M, Loffler M, & R. M. (2010). The Internet of things. *Communications & Strategies*, <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2104-4.ch004>
- Comissão Europeia. (2006). A nova definição de PME - Guia do utilizador e modelo de declaração. Empresas e Indústria. <https://doi.org/10.2873/418863>
- Cook, A., & Jones, R. (2018). Tech Trends 2018 The symphonic enterprise. Acedido a 22 de Março de 2018 em: <https://www2.deloitte.com/tr/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/tech-trends-2018.html>
- Cotteleer, M., Holdowsky, J., & Mahto, M. (2013). The 3D opportunity primer. Acedido a 3 de Junho de 2018 em: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing/DUP_718-Additive-Manufacturing-Overview_MASTER1.pdf
- Crafts, N. (1996). American Economic Association The first industrial revolution : a guided tour for growth economists. *The American Economic Review* , Vol . 86 , No . 2
- Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: beyond bitcoin. *Applied innovation Review*, 2, 6-14.
- Dacko, S. G. (2017). Technological forecasting & social change enabling smart retail settings via mobile augmented reality shopping apps. *Technological Forecasting & Social Change*, 124, 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.032>
- Dangelmaier, W., Fischer, M., Grafe, M., Matysczok, C., & Mueck, B. (2005). Virtual and augmented reality support for discrete manufacturing system simulation, *Elsevier* 56, 371–383. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.01.007>
- Davis, J. (2017). Cybersecurity for manufacturers: securing the digitized and connected factory. Acedido a 13 de Julho de 2018 em: <https://cra.org/ccc/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/MForesight-Cybersecurity-Report.pdf>
- Deloit. (2016). CFO insights - getting smart about smart contracts. Acedido a 12 de Maio de 2018 em: <https://www2.deloitte.com/tr/en/pages/finance/articles/cfo-insights-getting-smart-contracts.html>
- Deloitte. (2017). Using blockchain to drive supply chain innovation. Acedido a 12 de Agosto de 2018 em: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html>
- Demil, B. & Lecocq, X. 2010. Business model evolution: in search of dynamic consistency. *Long Range Planning*, 43 : 227–246.
- Doil, F., Schreiber, W., Alt, T., & Patron, C. (2003). Augmented reality for manufacturing planning. *The eurographics association*. 3, 71-76. Doi:10.1145/769953.769962

- Dujin, A., Geissler, C., & Horstkötter, D. (2014). Industry 4.0 the new industrial revolution how Europe will succeed. *Roland Berger Strategy Consultants*, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s00287-014-0809-1>
- Edwards, T. (2006). A critical account of knowledge management: agentic orientation and SME innovation. *International journal of entrepreneurial behavior & research*, 13, 64–81.
- European Commission. (2017). Annual report on European SMEs 2016/2017: focus on self employment. *SME performance review*. <https://doi.org/10.2873/742338>
- Fielt, E. (2013). Conceptualising business models: definitions, frameworks and classifications. *Journal of Business Models*, 1(1), 85–105. <https://doi.org/10.1177/0149206311406265>
- Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>
- George, G., & Bock, A. J. (2011). The business model in practice and its implications for entrepreneurship research. *Entrepreneurship theory and practice*, 35(1), 83–111.
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of manufacturing technology management*, Vol. 29, 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- Gilchrist, A. (2014). Industry 4.0. 1, Apress
- Gordijn, J., Akkermans, H., & Vliet, H. Van. (2000). Business modelling is not process modelling. *Proceedings of the workshops on conceptual modeling approaches for e-business and the world wide web and conceptual modeling*. 1921 https://doi.org/10.1007/3-540-45394-6_5
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. *Proceedings - 2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2014*, 289–294. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2014.6945523>
- Grover, V., Chiang, R. H. L., Liang, T.-P., & Zhang, D. (2018). Creating strategic business value from big data analytics: a research framework. *Journal of management information systems*, 35(2), 388–423. <https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1451951>
- Gusmeroli, S., Haller, S., Harrison, M., Kalaboukas, K., Tomasella, M., Vermesan, O., & Wouters, K. (2009). Vision and challenges for realizing the internet of things. *Proceedings of the 3rd STI roadmapping workshop*, 1. <https://doi.org/10.2759/26127>
- Gyorffi, M. (2017). Digitising industry (industry 4.0) and cybersecurity. Acedido a 23 de Agosto de 2018 em: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/607361/IPOL_BRI\(2017\)607361_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/607361/IPOL_BRI(2017)607361_EN.pdf)
- Hammer, A., Jabara, C., Bloodgood, L., & Groosman, N. (2010). Small and medium-sized enterprises: overview of participation in U.S. exports. *U.S. International Trade Commission*, (332), 1–91. <https://doi.org/Investigation No. 332-508>
- Henderson, S., Member, S., & Feiner, S. (2011). Exploring the benefits of augmented reality documentation for maintenance and repair, *Ieee*, 17(10), 1355–1368.
- Henning, Kagermann. Wolfgang, Wahlster Johannes, H. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0, 82. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1205.8966>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of*

- the annual Hawaii international conference on system sciences, 2016–March*, 3928–3937.
<https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Huelsman, T., Powers, E., Peasley, S., & Robinson, R. (2016). Cyber risk in advanced manufacturing. Acedido a 3 de Maio de 2018 em:
<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/cyber-risk-in-advanced-manufacturing.html>
- Ibarra, D., Ganzarain, J., & Igartua, J. I. (2018). Business model innovation through industry 4.0: a review. *Procedia Manufacturing*, 22, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002>
- IBM. (2017). The benefits of blockchain to supply chain networks, 1–4. Acedido a 7 de Abril de 2018 em: https://www-01.ibm.com/software/commerce/offers/pdfs/Blockchain_3-15-2017.pdf
- Ingalls, R. G. (2001). Introduction to simulation. *Proceedings of the 2001 winter simulation conference*, 7–16.
- Jara, A. J., Zamora, M. A., & Skarmeta, A. (2012). Glowbal IP: an adaptive and transparent IPv6 integration in the Internet of Things. *Mobile Information Systems*, 8(3), 177–197.
<https://doi.org/10.3233/MIS-2012-0138>
- Johnson, M. W., Christensen, C. C., & Kagermann, H. (2008), Reinventing your business model. *Harvard Business Review*, 86, pp. 50-59.
- Jones, G. M. (1960). Educators, electrons, and business models: a problem in synthesis. *Accounting Review*. 35, 619-626
- Kaiser, B. R., & Schatsky, D. (2017). For more companies, new ways of seeing, 1–8. Acedido a 12 de Julho de 2018 em: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3768_Signals-for-Strategists_Apr2017/DUP_Signals-for-Strategists_Apr-2017.pdf
- Kehoe, P. J. (2001). The transition to a new economy after the second industrial revolution. Acedido a 3 de Agosto de 2018 em: <https://www.minneapolisfed.org/research/wp/wp606.pdf>
- Kindström, D. (2010). Towards a service-based business model - key aspects for future competitive advantage. *European Management Journal*, 28(6), 479–490.
<https://doi.org/10.1016/j.emj.2010.07.002>
- Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017). Digital supply chain transformation toward blockchain integration. *Proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences* 4182–4191. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2017.506>
- Lasi H, Fettke P, Kemper H-G, Feld T, Hoffmann M (2014) Industrie 4.0. *Wirtschaftsinformatik*. doi: 10.1007/s11576-014-0424-4.
- Magretta, J. (2002). Why business models matter. *Harvard business review*, 3–8.
- Mahadevan, B. (2000). Business models for internet-based e-commerce: an anatomy. *California management review*, 42(4), 55–69. <https://doi.org/10.2307/41166053>
- Manyika, J., Michael, C., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. (2011). Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity, *The McKinsey Global Institute*.
<https://doi.org/10.1080/01443610903114527>
- Mariani, Joe; Sniderman, Brenna; Harr, Cary; Horvath, P. (2017). More real than reality. Transforming work through augmented reality. *Deloitte Review*, (21).
- Massa, L., Zott, C., & Amit, R. (2010). The business model: theoretical roots, recent developments, and future research. *Iese*, 3, 6–9.

- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing recommendations of the national institute of standards and technology. *National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory*, 145, 7. <https://doi.org/10.1136/emj.2010.096966>
- Menesguen, M., McAfee, A., Xin, B., & Stiegler, B. (2011). The challenges of the digital revolution. *Digital Transformation Review*, 1, 1–50.
- Miller, H. G., & Mork, P. (2013). From data to decisions: a value chain for big data. *Ieee* 15(1), 57–59. <https://doi.org/10.1109/MITP.2013.11>
- Mitchell, D. W., & Bruckner Coles, C. (2004). Establishing a continuing business model innovation process. *Journal of business strategy*, 25(3), 39–49. <https://doi.org/10.1108/02756660410536991>
- Mitra, D. (2012). The role of crowdfunding in entrepreneurial finance. *Delhi Business Review*, 13(2), 67–72. Acedido a 24 de Maio de 2018 em: http://www.delhibusinessreview.org/v_13n2/v13n2g.pdf
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin : a peer-to-peer electronic cash system, 1–9. Acedido a 13 de Agosto em bitcoin.org
- Neap, H. S., & Celik, T. (1999). Value of a product: a definition. *International journal of value - based management*, 12(2), 181–191. <https://doi.org/10.1023/A:1007718715162>
- Ong, S. K., Yuan, M. L., & Nee, A. Y. C. (2008). Augmented reality applications in manufacturing : a survey, *International journal of production research* 7543. <https://doi.org/10.1080/00207540601064773>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Inovação em Modelos de Negócios* (Vol. 3). Alta Books
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Tucci, C. L. (2005). Clarifying business models: origins, present, and future of the concept. *Communications of the association for information systems*, 15(1), 1–43. <https://doi.org/10.1.1.83.7452>
- Pace, F. De, Manuri, F., & Sanna, A. (2018). Augmented reality in industry 4.0. *iMedPub journals*. 0. 1–7. <https://doi.org/10.21767/2349-3917.100017>
- Pantano, E., & Naccarato, G. (2010). Journal of retailing and consumer services entertainment in retailing : the influences of advanced technologies. *Journal of retailing and consumer services*, 17(3), 200–204. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2010.03.010>
- Parrott, A., & Warshaw, L. (2017). Industry 4.0 and the digital twin. Acedido 5 de Agosto de 2018 em: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>
- Petrovic, V., Vicente, J., Gonzalez, H., Ferrando, O. J., Gordillo, D., Ramón, J. Ferrando, O. J. (2011). Additive layered manufacturing : sectors of industrial application shown through case studies, *International journal of production research* 7543. <https://doi.org/10.1080/00207540903479786>
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., De Amicis, R., Vallarino, I. (2015). Visual computing as a key enabling technology for Industrie 4.0 and industrial internet. *Ieee Computer Graphics and Applications*, 35(2), 26–40. <https://doi.org/10.1109/MCG.2015.45>
- Regenbrecht, H. (2016). Industrial augmented reality applications. Acedido a 2 de Agosto de 2018 em: <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-066-0.ch014>
- Reinhard, G., Jesper, V., & Stefan, S. (2016). Industry 4.0: building the digital enterprise. *2016 global industry 4.0 survey*, 1–39. <https://doi.org/10.1080/01969722.2015.1007734>
- Ryan, M. J., & Eysers, D. R. (2017). Digital manufacturing for spare parts : scenarios for the automotive supply chain. *Orca Cardiff University* Acedido a 22 de Julho de 2018 em:

- https://orca.cf.ac.uk/107834/1/Digital%20Manufacturing%20for%20Spare%20Parts%20-%20Ryan_Eyers.pdf
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0. *The Boston consulting group*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Sagiroglu, S., & Sinanc, D. (2013). Big data: a review. *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 42–47. <https://doi.org/10.1109/CTS.2013.6567202>
- Sangiovanni-vincentelli, A. (2014). Let's get physical: adding physical dimensions to cyber systems. *McKinsey's Disruptive Technologies*. Acedido a 3 de Junho de 2018 em: <http://iccps.acm.org/drupal2/sites/default/files/ICCPs2014red.pdf>
- SAS company's report. (2012). Data equity unlocking the value of big data. *Report for SAS by Centre for Economic Reforms*, 31, 1–44. <https://doi.org/10.1108/MIP-05-2012-0055>
- Schlaepfer, R., Koch, M., & Merkofer, P. (2015). Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Deloitte*, 1–30.
- Schr, C., & Bonn, M. (2016). The Challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. Acedido a 25 de Agosto de 2018 em: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12683.pdf>
- Shafer, S. M., Smith, H. J., & Linder, J. C. (2005). The power of business models. *Business horizons*, 48(3), 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2004.10.014>
- Srinivasan, S. (2014). Cloud computing basics. Acedido a 30 de Maio de 2018 em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7699-3>
- Stewart, D. W., Zhao, Q., & Qin Zhao. (2000). Internet marketing, business models, and public policy. *Journal of public policy & marketing*, 19(2), 287–296. <https://doi.org/10.1509/jppm.19.2.287.17125>
- Syberfeldt, A., Danielsson, O., & Gustavsson, P. (2017). Augmented reality smart glasses in the smart factory: product evaluation guidelines and review of available products. *Ieee*, 5, 9118–9130. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2703952>
- Taliaferro, A., & Guenette, C.-A. (2016). Industry 4.0 and distribution centers A Deloitte series on digital manufacturing enterprises. *Deloitte. University Press*, 1(1), 2–9. https://dupress.deloitte.com/content/dam/dup-us-en/articles/3294_industry-4-0-distribution-centers/DUP_Industry-4-0-distribution-centers.pdf
- Tapscott, D., Lowy, A., & Ticoll, D., Digital capital: harnessing the power of business webs. *Harvard business school press*
- Teece, D. J. (2010), Business models, business strategy and innovation. *Long range planning*, 43, 172–194
- Terkaj, W., & Viganò, G. (2017). Semantic GIOVE-VF : an ontology-based virtual factory tool. *ResearchGate*. Acedido a 25 de Agosto de 2018 em: https://www.researchgate.net/publication/259165498_Virtual_Factory_Manager_for_semantic_data_handling
- Thompson, D. A., & Best, J. S. (2000). The future of magnetic data storage technology. *IBM journal of research and development*, 44(3), 311–322. <https://doi.org/10.1147/rd.443.0311>
- Timmers, P. (1998). Business models for electronic markets. *Electronic Markets*, 8(2), 3–8. <https://doi.org/10.1080/10196789800000016>
- Trnka, A. (2014). Big data analysis. *European journal of science & theology*, 144–146.
- Veit, D., Clemons, E., Benlian, A., Buxmann, P., Hess, T., Kundisch, D., Spann, M. (2014). Business

- models: an information systems research agenda. *Business and information systems engineering*, 6(1), 45–53. <https://doi.org/10.1007/s12599-013-0308-y>
- Villars, R. L., & Olofson, C. W. (2014). Big data : what it is and why you should care. *IDC*. 228827, 2-13
- Wagner, N., Sahin, C. S., Winterrose, M., Riordan, J., Pena, J., Hanson, D., & Streilein, W. W. (2017). Towards automated cyber decision support: a case study on network segmentation for security. *2016 Ieee symposium series on computational intelligence, SSCI 2016*. <https://doi.org/10.1109/SSCI.2016.7849908>
- Wang, L., Von Laszewski, G., Younge, A., He, X., Kunze, M., Tao, J., & Fu, C. (2010). Cloud computing: a perspective study. *New generation computing*, 28(2), 137–146. <https://doi.org/10.1007/s00354-008-0081-5>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International journal of distributed sensor networks*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Want, R. (2006). An introduction to rfid technology. *Intel research*. 01593568, 25–33. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Waslo, R., Lewis, T., Hajj, R., & Carton, R. (2017). Industry 4.0 and cybersecurity: managing risk in an age of connected production. *Deloitte university press*, 1–21.
- Weinelt, B. (2016). Digital transformation of industries. Logistics Industry. Acedido a 17 de Agosto de 2018 em: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative-final-january-2016.pdf>
- Wong, K. V., & Hernandez, A. (2012). A review of additive manufacturing, *International Scholarly Research Network* <https://doi.org/10.5402/2012/208760>
- Wright, A., & De Filippi, P. (2015). Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia. *Ssrn*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2580664>
- Wu, X., Zhu, X., Wu, G. Q., & Ding, W. (2014). Data mining with big data. *Ieee transactions on knowledge and data engineering*, 26(1), 97–107. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2013.109>
- Wyk, E. Van. (2009). Virtual reality training applications for the mining industry, *Proceedings of the 6th International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualisation and Interaction in Africa I*(212), 53–64.
- Yi, S., Li, C., & Li, Q. (2015). A survey of fog computing: concepts, applications and issues. *Proceedings of the 2015 Workshop on Mobile Big Data*. 15, 37–42. <https://doi.org/10.1145/2757384.2757397>
- Yin, S., Bao, J., Zhang, Y., & Huang, X. (2017). M2M security technology of CPS based on blockchains. *SS symmetry* <https://doi.org/10.3390/sym9090193>
- Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of internet services and applications*, 1(1), 7–18. <https://doi.org/10.1007/s13174-010-0007-6>
- Zhong, Y., & Shirinzadeh, B. (2005). Virtual factory for manufacturing process visualization. *Complexity international*. 12, 1–22.
- Zott, C., and Amit, R. (2010), Designing your future business model: an activity system perspective. *Long range planning*, 43, 216-226.

Anexo

Anexo 1

SOLIDITY CONTRACT SOURCE CODE

CONTRACT BYTE CODE

27

28

29 *

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41 *

42 *

43

44

45 *

46

47 *

48

49

50

51

52

53

54

55

56

```
/* The function without name is the default function that is called */
function O {
  if (crowdsaleClosed) throw;
  uint amount = msg.value;
  funders[funders.length++] = Funder({addr: msg.sender, amount: amt,
  amountRaised += amount;
  tokenReward.transfer(msg.sender, amount / price);
  FundTransfer(msg.sender, amount, true);
}

modifier afterDeadline() { if (now >= deadline) _ }

/* checks if the goal or time limit has been reached and ends the campaign
function checkGoalReached() afterDeadline {
  if (amountRaised >= fundingGoal) {
    beneficiary.send(amountRaised);
    FundTransfer(beneficiary, amountRaised, false);
  } else {
    FundTransfer(0, 11, false);
    for (uint i = 0; i < funders.length; ++i) {
      funders[i].addr.send(funders[i].amount);
      FundTransfer(funders[i].addr, funders[i].amount, false);
    }
    beneficiary.send(this.balance); // send any remaining balance to
    crowdsaleClosed = true;
  }
}
```


SELECT CONTRACT TO DEPLOY

Crowdsale

+

CONSTRUCTOR PARAMETERS

If successful send to - address

 0xe8e30592787f9e9256e69d4a7

Funding goal in ethers - 256 bits unsigned integer

250


Duration in minutes - 256 bits unsigned integer

30

Ether cost of each token - 256 bits unsigned integer

5

Address of token used as reward - address

 0x771fcd4eb83a50ff21d385a56;